

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Institut environmentálního inženýrství

**STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ PARAMETRU BSK NA PŘÍTOKU
DO ÚČOV OSTRAVA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:

Bc. Lucie Ulrichová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

Ostrava 2017

VSB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FAKULTY OF MINING AND GEOLOGY

Institute of environmental engineering

**STATISTICAL EVALUATION PARAMETER BOD INFLOW TO THE
WWTP OSTRAVA**

DIPLOMA THESIS

Author:

Bc. Lucie Ulrichová

Supervisor:

Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lucie Ulrichová**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství
Téma: Statistické vyhodnocení parametru BSK na přítoku do ÚČOV Ostrava
Statistical Evaluation Parameter BOD Inflow to the WWTP Ostrava
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Charakteristika městských odpadních vod
3. Sledované parametry na přítoku do ÚČOV
4. Organické látky v odpadních vodách
5. Možné příčiny změny BSK na přítoku v průběhu sledovaného období
6. Vyhodnocení a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

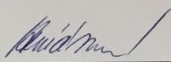
CHUDOBA, Jan, DOHÁNYOS, Michal, WANNER, Jiří. Biologické čištění odpadních vod. Praha : SNTL, 1991. 468 s. 1. ISBN 80-03-00611-2.
HORÁKOVÁ, Marta, LISCHKE, Peter, GRÜNWALD, Alexander. Chemické a fyzikální metody analýzy vod. Praha : SNTL - nakladatelství technické literatury, n.p., 1986. 392 s.
TUČEK, Ferdinand; CHUDOBA, Jan; KONÍČEK, Zdeněk a kolektiv. Základní procesy a výpočty v technologii vody: celostátní vysokoškolská příručka pro studenty vysokých škol chemickotechnologických studijního oboru 28-05-8 technologie vody, 2. přeprac. vyd., Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988, 633 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

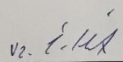
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí institutu




prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.
pověřený vedením fakulty

Prohlášení:

☞ Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

☞ Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

☞ Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 ods.3).

☞ Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

☞ Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěné v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

☞ Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro obrazy kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

☞ Bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

☞ Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 28. 4. 2017

.....*Lucie Ulrichová*..... Podpis

Anotace

Tato diplomová práce sleduje změny v množství přitékajícího biologicky odbouratelného organického znečištění (BSK) v průběhu let 2004-2014. Experimentální část je věnována statistickému vyhodnocení získaných dat na přítoku do ÚČOV. V závěru práce jsou shrnuty dosažené výsledky.

Klíčová slova:

BSK₅, ÚČOV Ostrava, městské odpadní vody, kanalizace, znečištění

Summary

This diploma thesis monitors changes in the amount of biodegradable organic pollutant (BOD) in the period 2004-2014. The experimental part is devoted to the statistical evaluation of the data obtained at the inflow into the WWTP. The results are summarized at the end of the paper.

Key words:

BOD₅, WWTP Ostrava, urban waste water, sewerage system, pollution

Ráda bych z celého srdce poděkovala paní Ing. Haně Škrobánkové, Ph.D. za odbornou pomoc, vedení, ochotu, věnovaný čas, pevné nervy a velkou trpělivost při tvorbě mé diplomové práce. Děkuji také panu Ing. Danielovi Žárskému poskytnuté podklady k diplomové práci. Taktéž děkuji své rodině, která mi umožňuje studovat a je mi velkou oporou.

Obsah

1 ÚVOD.....	1
2 CHARAKTERISTIKA MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD	2
2. 1 Charakteristika města.....	2
2. 2 Odpadní vody.....	4
2. 2. 1 Městské odpadní vody	5
2.2.2 Odpadní vody srážkové	8
2.2.3 Průmyslová odpadní voda.....	10
2. 3 Legislativa.....	10
2.4 Princip čištění odpadních vod	13
2.5 Technologie ÚČOV v Ostravě.....	18
3 SLEDOVANÉ PARAMETRY NA PŘÍTOKU DO ÚČOV	24
3.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK).....	24
3.2 Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK ₅).....	24
3.3 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK).....	25
3.4 Nerozpuštěné látky (NL)	25
3.5 Amoniakální a celkový dusík	25
3.6 Celkový fosfor	25
4 ORGANICKÉ LÁTKY VE VODÁCH.....	26
4.1 Biochemická spotřeba kyslíku	27
5 MOŽNÉ PŘÍČINY ZMĚNY BSK NA PŘÍTOKU V PRŮBĚHU SLEDOVANÉHO OBDOBÍ	35
6 VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR.....	48
SEZNAM LITERATURY.....	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	56
SEZNAM TABULEK.....	57
SEZNAM PŘÍLOH.....	57

1 ÚVOD

Jakýkoliv hospodářský i kulturní život přináší nepřežitý odvod odpadních produktů lidské činnosti. Mezi ně patří mimo jiné odpady odnášené odpadní vodou. Odvádění odpadních vod pomocí kanalizačního systému se zakončením v čistírně odpadních vod má stále větší význam. Znečištěná odpadní voda, která přitéká do čistírny odpadních vod, se musí čistit. Bez vody by neexistoval život, a proto ji musíme chránit.

Městské odpadní vody, jsou vody, které vznikají smícháním odpadních vod z průmyslu, splašků a srážkových vod na území měst a obcí. Tyto vody mohou být zdrojem kontaminace jak povrchových vod tak podzemních. Znečištění vod může způsobit změnu fyzikálních, chemických a biologických faktorů vody. Cílem všech vyspělých zemí je zajistit vypouštění městských odpadních vod v takové jakosti a množství, aby nebyla hrozbou pro vodu samotnou. Odstraňování a odvod městských odpadních vod se může projevit na kulturním a sociálním stupni obyvatel. Pro tyto cíle byly a jsou přijímány nástroje ochrany životního prostředí. Směrnice Rady č. 91/271/EHS ze dne 21. května 1991, o čištění městských odpadních vod je základním právním nástrojem ochrany povrchové a podzemní vody při nakládání s městskými odpadními vodami. Směrnice Rady č. 91/271/EHS, která je závazná pro všechny státy Evropské unie, má za cíl pomocí stanovených opatření zajistit ochranu povrchových vod před znečišťováním způsobeným vypouštěním splaškových odpadních vod a biologicky odbouratelných průmyslových odpadních vod, dále upravuje pravidla a podmínky vypouštění a čištění odpadních vod z důvodu ochrany vodních toků před nepříznivými účinky způsobenými nedostatečným vyčištěním městských odpadních vod.

Cílem diplomové práce je statisticky vyhodnotit změny v přítékajícím biologicky odbouratelném znečištění do Ústřední čistírny odpadních vod v Ostravě od roku 2005 do roku 2014.

2 CHARAKTERISTIKA MĚSTSKÝCH ODPADNÍCH VOD

2. 1 Charakteristika města

Město Ostrava je třetím největším městem České republiky a rozkládá se na ploše 214,2 km². Tato metropole měla ke dni 1.1.2017 300 569 obyvatel s průměrnou hustotou osídlení 1500 obyvatel/km² (Magistrát města Ostravy, 2017). Na obrázku č. 1 najdeme základní mapu Ostravy.



Obrázek 1 Mapa Ostravy (mapy.cz, 2017)

Ostrava patří v rámci ČR k nejhustěji zalidněným velkoměstům s hodně rozvinutým průmyslem. Ostravu charakterizuje zejména báňský, hutní, strojírenský a chemický průmysl. I přes útlum těžkého průmyslu jsou některé fabriky stále v provozu a kanalizační síť je pořád ovlivňována starou ekologickou zátěží (Kanalizační řád, 2011).

Městem protéká řeka Odra, jejími největšími přítoky jsou řeka Opava, Porubka a Ostravice s přítokem Lučinou. Na území města se nachází desítky malých toků (Kanalizační řád, 2009).

Následné složení městských odpadních vod je závislé také na složení a kvalitě používané pitné vody. V Ostravě se pro zásobování 30 – 35 % obyvatel využívá upravená podzemní voda. Z těchto zdrojů je zásobována centrální část Ostravy, Přívoz a Slezská

Ostrava. Pro ostatní zásobování se využívá upravená povrchová voda z přehradních nádrží Kružberk a Šance (Drozdová, 2012).

ÚČOV přijímá tyto odpadní vody:

- od většiny obyvatelstva na území města Ostravy
- z potravinářského průmyslu
- z ostatního průmyslu po předčištění
- koncentrované fenolčpavkové vody (Lyčková et spol, 2017)

Povoleno je dovážet a čistit tyto odpadní vody:

- fenolové odpadní vody
- odpadní vody s obsahem směsí nehalogenových organických rozpouštědel s vodou
- odpadní vody s příměsí nezatvrdlých klíždidel a lepidel
- odpadní vody ze septiků a žump
- průsakové odpadní vody ze skládek domovního odpadu a skládek nebezpečného odpadu
- odpadní vody s obsahem kyselých mořicích roztoků a odpadních kyselin
- odpadní vody s obsahem chloridu železa
- odpadní vody ze záchytných jímek parkovacích ploch
- odpadní vody z výroby šamotu
- kyselé odpadní vody z výroby acetyleny (Lyčková et spol, 2017)

Odpadní vody mající charakter kalu nebo odpadní vody s velmi vysokou koncentrací znečištění jsou anaerobně stabilizovány ve vyhnívacích nádržích, jedná se o následující odpadní vody:

- odpadní vody mající charakter kalu z domovních a jiných malých ČOV
- odpadní vody z výroby masa a masných výrobků
- odpadní vody z odlučovačů tuku
- odpadní vody s obsahem kvasnic, ovocných, obilných a bramborových výpalků
- odpadní vody z výroby sladu, škrobu, droždí a lihu
- odpadní vody z úpravy a zpracování mléka
- odpadní vody z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů

- odpadní vody ze srážecích procesů mající charakter kalu
- odpadní vody mající charakter kalu z čistíren průmyslových odpadních vod (Lyčková et spol, 2017)

2. 2 Odpadní vody

Lidstvo je zvyklé mít pitnou vodu stále u sebe a kdykoliv k dispozici a po použití ji vyčistit a vrátit zpět do přírody. Odpadní vody, které jsou vráceny zpět do vodního toku a mění své fyzikální, chemické a biologické vlastnosti vody v recipientu. Toto se projevuje hygienickými i estetickými závadami, což může být zápach a zabarvení vody. Hlavní podíl znečišťujících látek je z moči a fekálií (DL Jones, 2003).

Odpadní vody jsou dle definice zákona 254/2011 Sb. o vodách §38 odstavce 1.: *„odpadní vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadů“* (zakonyprolidi.cz, 2016).

Odpadní vody jsou dle vodního zákona definovány jako *„vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízení nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost.“* Jedná se o vody, u kterých je znečišťovatel povinen zajistit čištění s nejpokročilejší technologií. Je nutné povolení k vypouštění od vodoprávního úřadu (Zákon o vodovodech a kanalizacích, 2001).

Čistírna odpadních vod (dále ČOV) je zařízení nebo objekt, ve kterém dochází k čištění odpadních vod. Čištění vod je proces, který má tři fáze mechanické, biologické a terciární čištění. Čistírny se mohou dělit podle několika kritérií – velikost, typ čistírenského procesu nebo podle blízkosti objektu, ze kterého jde znečištění (průmyslová nebo zemědělská výroba a domácnosti) (Zákon o vodovodech a kanalizacích, 2001).

Podle druhu a původu znečištění dělíme vody na splaškové, průmyslové, infekční, ze zemědělství a zemědělské výroby, srážkové a ostatní odpadní vody

(Hlavínek a al., 2001). Tabulka č. 1 uvádí znečišťující látky v odpadních vodách a jejich příklady.

Tabulka 1 Charakter znečišťujících látek v odpadních vodách (Chudoba et spol., 1991)

Znečišťující látky				Příklady
Rozpuštěné	Organické	Biologicky rozložitelné		cukry, mastné kyseliny
		Biologicky nerozložitelné		azobarviva
	Anorganické			těžké kovy, sulfidy
Nerozpuštěné	Organické	Biologicky rozložitelné		škrob, bakterie
		Biologicky nerozložitelné		papír, plasty
		Usaditelné		celulosa vlákna
		Neusaditelné	Koloidní	bakterie
	Anorganické	Usaditelné	Plouvoucí	papír
				písek, hlína
		Neusaditelné		brusný prach

Ke stanovení výkonu potřebného k práci čistírny odpadních vod a ke stanovení znečištění odpadních vod se uvádí populační ekvivalent neboli ekvivalentní počet obyvatel. Vychází se z hodnoty znečištění, které je produkováno jedním obyvatelem v BSK₅ za jeden den (Herle et spol., 1990) Pro průmyslové odpadní vody se vychází z průměrné hodnoty celkového znečištění BSK₅ (g/m³) a potřeby vody na jednu vyrobenou jednotku produktu. Hodnota ekvivalentního počtu obyvatel se vypočítá podle vztahu 1:

$$EO = \frac{Q \cdot BSK_5}{60} \quad (1)$$

Kde:

Q je množství odpadní vody v m³/d na výrobní jednotku produktu nebo výchozí suroviny (t, m³, kus, atd.).

BSK_5 je průměrná hodnota znečištění odpadních vod v g/m³.

60 je specifické znečištění produkované jedním obyvatelem v BSK₅.d.

Populační ekvivalent je tedy množství znečištění od jednoho obyvatele vztažené na jeden den. Týká se např. BSK₅, CHSK, N, P, nerozpuštěných látek atd. (Tölgyessy, 1989).

2. 2. 1 Městské odpadní vody

Specifická potřeba vody na obyvatele je shodná s množstvím odpadních vod připadajícího na jednoho obyvatele (ČSN, 2007). Organické látky (fekálie, moč) mají

mnohem větší zastoupení ve splaškových vodách než látky anorganické. Z těch jsou dominujícími látkami sodík a chloridy (ČSN, 2007).

Splaškové nebo také městské odpadní vody tvoří největší objem odpadních vod ve městech. Podle definice předpisu č. 401/2015 Sb. v plném znění NV odstavec 2. je městská (splašková) voda odváděna z obytných prostor a z budov, kde jsou poskytovány služby, které vznikají převážně jako produkt lidského metabolismu a činností v domácnosti.

Odpadní vody městské obsahují velké množství zbytků jídel, tuhých exkrementů, prací a mycí prostředky a mnoho nebezpečných choroboplodných zárodků (Hlavínek et al. 2001).

Nejvíce na znečištění městských odpadních vod se podílí moč a fekálie, které tvoří až 80 % organických látek ve splašcích. Člověk vyprodukuje asi 120 – 330 g exkrementů za den. Sušinu fekálií, která je asi 30 – 75 g tvoří zbytky střevních bakterií, lipidy, bílkoviny, polysacharidy a její rozkladné produkty. Člověk vyloučí průměrně 1,5 litru moči denně o celkové sušině 60 g (Pitter, 2015).

Splaškové neboli městské odpadní vody mají šedou až šedohnědou barvu se silným zápachem a zákalem. Teplota se pohybuje podle ročního období od 5° C do 20 °C a pH je kolem 6,8 – 7,5 (Dohányos et al., 1998).

Produkce městských vod je 150 l/osobu za den (Hlavínek et al., 2006). Průměrná hodnota městských vod v České republice je 110 až 120 l/osobu za den. Průměrná hodnota se může zvyšovat o 20 až 30 litrů na občanskou a technickou vybavenost, může přesahovat i hodnotu 300 l/osobu za den pokud městské OV obsahují velký podíl průmyslových OV (Hlavínek et al., 2001). V uvedené tabulce č. 2 vidíme orientační složení městských vod.

Tabulka 2 Složení městských vod (Hlavínek et al., 2001)

Ukazatel		Rozmezí hodnot	Jednotky
Hodnota Ph		6,5 - 8,5	
Nerozpuštěné látky		200 - 700	mg/l
	usaditelné	73	%
	neusaditelné	27	%
Rozpuštěné látky		600 - 800	mg/l
BSK ₅ s potlačením nitrifikace		100 - 400	mg/l
CHSK _{cr}		250 - 800	mg/l
N _c		30 - 70	mg/l
N - NH ₄		20 - 45	mg/l
P _c		5 - 15	mg/l
BSK ₅ : CHSK _{CR}		0,5	mg/l

Uvádí se, že produkce znečištění je 60 g BSK₅ na jednoho obyvatele za jeden den. Podle tabulky výše je množství dusíku a fosforu, které je pro účinné biologické čištění dáno poměrem. BSK₅ : N : P = 100 : 5 : 1. Tento poměr uvádí optimální množství dusíku a fosforu ve vztahu k organickému uhlíku (Hlavínek et al., 2001).

Pokud bude průměrná spotřeba vody 150 litrů na jednoho obyvatele za jeden den, lze odpadní městské vody charakterizovat podle následující tabulky:

Tabulka 3 Průměrná produkce znečištění od 1 obyvatele/den (Pitter, 2015)

Ukazatel	Hodnota	Jednotky
BSK ₅	400	mg/l
CHSK _{cr}	800	mg/l
N _c	70	mg/l
P _c	15	mg/l
Celkové látky	1200	mg/l
Rozpuštěné látky	830	mg/l
Nerozpuštěné látky	370	mg/l
CHSK _{cr} : BSK ₅	2	mg/l

Zmíněné veškeré látky jsou tvořeny asi z 50 % organickými látkami a z 50 % anorganickými látkami. V hodnotách BSK₅ a CHSK_{cr} je asi 50 % rozpuštěných látek a 50 % nerozpuštěných organických látek (usaditelné a neusaditelné) (Pitter, 2001).

2.2.2 Odpadní vody srážkové

Srážková voda se tvoří ze srážek, dešťových i sněhových. Podle kvality se považuje za jednu z nejčistších vod, ale není zcela chemicky čistá. Když tato voda dopadá na zem přes ovzduší, akumuluje různé látky ještě předtím, než se dotkne zemského povrchu. Voda do sebe vstřebává chemické látky, jako jsou oxidy uhlíku, dusíku, pyl, bakterie a viry. Toto znečištění je zanedbatelné, větším problémem jsou látky, které srážkovou vodu znečistí při cestě do kanalizace. Voda, která spadla ve městech nebo na silnicích je problematičtější, může obsahovat stopy ropných nebo jiných chemických látek (Pitter, 2001).

Odvádění srážkových vod do kanalizace a následně do čistírny odpadních vod je z ekologických a ekonomických důvodů zbytečné. Tyto vody zvyšují objem a ředí vody z domácností a jiných objektů. Přívalové deště jsou také problematické, mohou zapříčinit únik odpadních vod do volné přírody z kanalizací či čistírny odpadních vod. Řešením je snaha o vytvoření regulací toků, což jsou například rybníky nebo suché poldry (Pitter, 2001).

Srážkové vody mohou být znečištěny velkou škálou organických a anorganických látek. Mezi organické látky patří ropné látky, chlorované uhlovodíky, dioxiny, pesticidy, které mohou být v rozpuštěném i nerozpuštěném stavu. Mezi anorganické látky v rozpuštěné a nerozpuštěné formě řadíme těžké kovy, anionty minerálních kyselin (SO_4^{2+} , NO_3^- , Cl^-), sloučeniny dusíku, fosforu a další (Hlavínek et al., 2001).

Šedá voda

Je to voda z koupelen, sprch, umyvadel, praček atd. Je znečištěná především pracími prášky a dalšími prostředky na udržení hygienické čistoty. Šedá odpadní voda má vysokou koncentraci solí a někdy i fosforu (Eriksson et al., 2002).

Tabulka č. 4 znázorňuje množství plovoucích látek v šedých vodách a tabulka č. 5 udává hodnoty BSK₅ a CHSK v šedých vodách.

Tabulka 4 Množství plovoucích látek v šedých vodách (Biela, 2011)

Zdroj šedé vody	Kuchyně, myčky	Vany, sprchy, umyvadla	Pračky	Jednotky
Plovoucí látky	134 - 1300	7 - 120	79 - 280	mg/l

Tabulka 5 Hodnoty BSK₅ a CHSK v šedých vodách (Biela, 2011)

Zdroj šedé vody	Kuchyně, myčky	Vany, sprchy, umyvadla	Pračky	Neseparovaná šedá voda	Jednotky
BSK₅	669 - 756	19 - 200	48-682	41 - 194	mg/l
CHSK	26 - 1600	64 - 8000	375	495 - 623	mg/l

Žlutá voda

Tvoří ji odpadní voda z toalet, bez fekálií. Produkce moči na jednoho obyvatele je průměrně 1,5 litru za den o sušině 60 g. Složení moči je 35 g organických sloučenin, kde jsou dusíkaté sloučeniny, např. močovina a 25 g anorganických sloučenin, kde je převážně sodík a chloridy, sírany, fosforečnany a dalšími (Hlavínek et al., 2001).

Pokud moč opustí lidské tělo, je znečištěna látkami, které se nacházejí na povrchu, po kterém je dále dopravována (v klasických toaletách se dostává do kontaktu s fekáliemi) a přestává být sterilní. Na rozdíl od fekálií moč sama o sobě neobsahuje plísňe nebo viry. Moč obsahuje velké množství močoviny, která může být využita jako zdroj dusíku pro rostliny a je užitečný urychlovač kompostu (Mířková, 2011).

Hnědá voda

Rovněž jde o odpadní vodu z toalet včetně fekálií. Obsahuje fosfor, dusík a draslík (Lhotáková, 2014).

Jeden člověk průměrně vyprodukuje cca 250 g fekálií za jeden den o sušině cca 50 g. Sušina je tvořena z 90 % organickými látkami. Patří sem také steroidní sloučeniny, které vznikají při bakteriální redukci ve střevech, žlučová barviva a žlučové kyseliny (Hlavínek et al., 2001).

Černá voda

Vzniká oddělování hnědé a žluté vody. Podaří-li se ji oddělovat od ostatních vod, může sloužit k hnojení a tím nahradit syntetické hnojivo (Lhotáková, 2014).

2.2.3 Průmyslová odpadní voda

Tyto vody jsou odpadní vody, které vznikají přímo ve výrobě průmyslových subjektů. Nepatří sem průmyslové vody, které obsahují nebezpečné nebo zvláště nebezpečné látky.

2. 3 Legislativa

V této kapitole jsou uvedeny zákony a předpisů a směrnic EU a ČR ty, které se vypouštěním, nakládáním a likvidací OV zabývají.

Směrnice rady č. 91/271/EHS ze dne 21. května 1991, o čištění městských odpadních vod slouží k zajištění ochrany povrchových vod před znečišťováním způsobeným vypouštěním splaškových odpadních vod a biologicky odbouratelných průmyslových odpadních vod ve státech EU.

Tato směrnice eliminuje negativní dopad vypouštění splaškových vod do vod povrchových, aby nedocházelo k narušení životního prostředí. Je v ní definován pojem aglomerace *„oblast, v níž jsou obyvatelé a případně i hospodářské činnosti natolik soustředěny, že městské odpadní vody jsou shromažďovány a odváděny do městské čistírny odpadních vod nebo do společného místa vypouštění.“* a pojem ekvivalentní obyvatel *„zatížení vyjádřené jako produkce organického, biologicky odbouratelného znečištění, která odpovídají pětidenní biochemické spotřebě kyslíku (BSK₅) 60 g/den“.*

Směrnice má za úkol:

- přiměřené čištění odpadních vod v malých sídlech do 2 000 EO
- odvádění a čištění odpadních vod z aglomerací o velikosti 2 000 – 10 000 EO
- intenzifikace čistíren odpadních vod nad 10 000 EO

Římské vodní právo a vodní právo v českých zemích upravoval například rakouský všeobecný zákoník z roku 1811. Legislativa vodního hospodářství má v České republice dlouho historii. Vodní zákonodárství zde existuje od šedesátých let 19. století, z dob Rakouska – Uherska až do 1. 1. 1955. V roce 1955 nabyl účinnosti první moderní zákon o vodním hospodářství č. 11/1955 Sb., který platil pro celé Československo. Ten byl nahrazen od 15. 4. 1975 zákonem č. 138/1973 Sb., o vodách, který platil až

do 31. 12. 2001. Od roku 2001 platí **zákon 254/2001 Sb. Vodní zákon a zákon 274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích** (Moulisová, 2016).

Dle §1 odstavce 1 zákona č. 254/2001 Sb. Vodního zákona je potřeba chránit povrchové a podzemní vody. Pro zachování a zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod (zakonyprolidi.cz, 2017).

V V. hlavě zákona č. 254/2001 Sb. Ochrana jakosti vod je ustanoveno vypouštění OV do vod, jehož §38 zákona č. 254/2001 Sb. se věnuje vypouštění OV do vod povrchových (zakonyprolidi.cz, 2017).

V §38 odst. 3. zákona č. 254/2001 Sb. se píše, že ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Vodoprávní úřad při stanovování těchto podmínek je povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod (zakonyprolidi.cz, 2017).

V §38 odst. 4 zákona č. 254/2001 Sb. je uvedeno, že ten kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní úřad tímto rozhodnutím stanoví místo a způsob měření objemu a znečištění vypouštěných odpadních vod a četnost předkládání výsledků těchto měření. Odběry a rozборы ke zjištění míry znečištění vypouštěných odpadních vod mohou provádět jen odborně způsobilé osoby oprávněné k podnikání (zakonyprolidi.cz, 2017).

V §38 odst. 7 zákona č. 254/2001 Sb. je uvedeno, že přímé vypouštění odpadních vod do podzemních vod zakázáno. Vypouštění odpadních vod neobsahujících nebezpečné závadné látky nebo zvláště nebezpečné závadné látky (§ 39 odst. 3 zákona č. 254/2001 Sb.) z jednotlivých staveb pro bydlení, jednotlivých staveb pro rodinnou rekreaci nebo

z jednotlivých staveb poskytujících ubytovací služby, vznikajících převážně jako produkt lidského metabolismu a činností v domácnostech přes půdní vrstvy do vod podzemních, lze povolit jen výjimečně na základě vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k jejich vlivu na jakost podzemních vod, pokud není technicky nebo s ohledem na zájmy chráněné jinými právními předpisy možné jejich vypouštění do vod povrchových nebo do kanalizace pro veřejnou potřebu (zakonyprolidi.cz, 2017).

Podle §38 odst. 6 zákona č. 254/2001 Sb. se píše, že ten, kdo shromažďuje odpadní vody v bezodtokové jímce, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování tak, aby nebyla ohrožena jakost povrchových nebo podzemních vod, a na výzvu vodoprávního úřadu nebo České inspekce životního prostředí prokázat jejich zneškodňování v souladu s tímto zákonem (zakonyprolidi.cz, 2017).

V §9 odst. 2 zákona 254/2001 Sb. Vodního zákona je stanoveno, že povolení pro vypouštění OV nemůže být vydáno na dobu delší 10 let (zakonyprolidi.cz, 2017).

Zákon 274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích §18 odstavce 1., uvádí, že odvedení odpadních vod z pozemku nebo stavby je splněno okamžikem vtoku odpadních vod z kanalizační přípojky do kanalizace (zakonyprolidi.cz, 2017).

Ve 2. odstavci §18 zákona 274/2001 Sb. se píše, že lze do kanalizace vypouštět pouze odpadní vodu splňující limit znečištění a v množství stanoveném v kanalizačním řádu a smlouvě o odvádění odpadních vod (zakonyprolidi.cz, 2017).

Předpis č. 401/2015Sb. - Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod stanovuje vypouštění OV do vod povrchových v České republice, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (zakonyprolidi.cz, 2017).

§ 17 předpisu č. 401/2015 Sb. se věnuje přílohám s tabulkami hodnot emisních standardů. Konkrétně příloha č. 1 část A určuje emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných z komunálních čistíren. Výčet parametrů znečištění pro oblast do 500 EO znázorňuje tabulka č. 6 (zakonyprolidi.cz, 2017).

Tabulka 6 Výčet parametrů znečištění OV vypouštěných z ČOV (Předpis č. 401/2015)

Počet EO	Hodnota CHSK _{cr}		Hodnota BSK ₅		Hodnota NL	
	přípustná	maximální	přípustná	maximální	přípustná	maximální
<500	150 mg/l	220 mg/l	40 mg/l	80 mg/l	50 mg/l	80 mg/l

2.4 Princip čištění odpadních vod

Základem pro biologické čištění městských odpadních vod jsou biochemické oxidačně-redukční procesy (Dohanyos et spol., 1994). Tyto procesy jsou založeny na faktu, že znečišťující látky v odpadních vodách mohou sloužit mikroorganismům jako zdroj energie a materiálu pro buněčnou syntézu (Grau, 1977). Rozpuštěné znečištění se přemění na buňky mikroorganismů, které se srážejí a vytvářejí usaditelné vločky se schopností oddělovat se od čištěné odpadní vody. Tento základní děj je provázen doprovodnými jevy, jako např. adsorpcí koloidního a jemně rozptýleného znečištění na vytvořené složky biomasy, kde jsou pomalu asimilovány.

Biologické čištění odpadních vod se dělí na dva základní druhy:

- aerobní čištění odpadních vod,
- anaerobní čištění odpadní vod.

Aerobní čištění odpadních vod

Při biologickém aerobním čištění odpadních vod se uplatňují biochemické procesy, které jsou podmíněny činností aerobních mikroorganismů a přítomností dostatečného množství molekulárního kyslíku (Chudoba, 1991). Pro optimální poměr musí být rychlost přísunu kyslíku větší nebo rovna rychlosti jeho spotřeby. Mikroorganismy rozkládají působením svých enzymů oxidačními procesy organické látky obsažené v odpadních vodách. Část organických látek se zoxiduje na CO₂ a H₂O, část se spotřebuje na syntézu zásobních látek a nových buněk (Dohányos, 1994). Část prvků potřebných ke stavbě buněčné hmoty získávají mikroorganismy také z látek anorganických (Malý, 2006).

Nejrozšířenějším způsobem biologického aerobního čištění městských odpadních vod, poprvé popsáno v roce 1914, je použití tzv. aktivačního procesu (Grau, 1977). Jedná se o způsob čištění odpadních vod s kulturou ve vlnosu. Během tohoto procesu dochází v aktivační nádrži ke směšování přitékající odpadní vody s aktivovaným kalem. Tato

„směs“ podléhá díky přítomnosti dostatečného množství molekulárního kyslíku (míchání, vstup z aeračních elementů) oxidačním procesům. Konečným akceptorem elektronů je tedy molekulární kyslík. Výsledkem je přírůstek aktivovaného kalu a úbytek rozložitelných organických látek v čištěné vodě. Aktivovaný kal s vodou nazývaný „aktivační směs“ je odváděn do dosazovací nádrže, kde dochází k sedimentaci a zahuštění aktivovaného kalu. Větší část aktivovaného kalu se vrací zpět do čistícího procesu, menší část se odvádí jako přebytečný kal do kalového hospodářství ČOV k dalšímu zpracování (Grau, 1977). Vratný kal je základním předpokladem pro rychlost růstu a produkci mikroorganismů. Objemový podíl vratného neboli recirkulovaného kalu k objemu aktivace bývá 30 – 50 %.

Hydraulické zatížení

Jedná se o celkový přítok do čistírny či úpravny vody vztažený na jednotku času nebo objem přivedený na 1 m² účinného povrchu zařízení za jednotku času (Almeida., 2017).

V čistírnách odpadních vod lze pozorovat výkyvy. Vtok do čistírny odpadních vod je v časných ranních hodinách, kdy je spotřeba vody nejnižší, je nejmenší. První vrchol průtoku se vyskytuje v pozdním ránu, druhý vrchol průtoku se obvykle vyskytuje ve večerních hodinách. To se liší podle velikosti obce a délce kanalizace (Pescod, 1992). Z obrázku č. 2 je patrný přítok do čistírny Ostrava. Jedná se o sběrač D.



Obrázek 2 Přítok do čistírny, ÚČOV Ostrava

Odpadní vody jsou zpravidla velice proměnlivé kvality a také jejich vypouštěné množství bývá značně kolísavé. Přesto lze u odpadních vod městských i průmyslových vysledovat určitou pravidelnost v průtokovém množství i kvalitě, související s životním rytmem obce nebo podmíněnou výrobním procesem v průmyslovém závodě (Malý, 1996).

Anaerobní čištění odpadních vod

Methanizace je obecný pojem, pod který jsou zahrnovány anaerobní procesy čištění odpadních vod a stabilizace kalů (Chudoba, 1991). Jedná se o soubor procesů, při kterém dochází bez přístupu vzduchu pomocí činnosti mikroorganismů k biologickému rozkladu organické hmoty. Dle akceptorů elektronů rozlišujeme anaerobní respiraci a anaerobní fermentaci. Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S) a nerozložitelný zbytek organické hmoty, který díky stabilizaci vykazuje hygienicky a senzoricky nezávadné vlastnosti. Anaerobní čištění odpadních vod se využívá zejména při zpracování různých typů organických kalů, vodných suspenzí a koncentrovaných roztoků.

Splaškové vody jsou většinou šedé až šedohnědé a zakalené. Hodnota pH je 6,8 – 7,5 a teplota 5 – 20 °C. Tyto OV obsahují látky, které pocházejí z pitné vody, exkrementů a metabolitů, stravování, praní, mytí apod. V pitné vodě se vyskytují kationty Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ a K^+ a anionty SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , popř. NO_3^- . Tyto látky, kromě NO_3^- , se tedy ve splaškových vodách vyskytují ve zvýšené koncentraci. Další složkou splaškových vod jsou tři základní skupiny organických látek: lipidy, sacharidy a proteiny. Velmi výraznou znečišťující složkou jsou exkrementy a metabolity – hlavně moč. Jak uvádí (Malý, 1996) v moči se vyskytují ionty K^+ , Na^+ , Cl^- a SO_4^{2-} , ale také močovina, která obsahuje fosfor a 46,6 % dusíku. Ten je však snadno rozložen působením enzymu ureázy na amoniak, a proto je koncentrace močoviny ve splaškových vodách obvykle nízká (pod 10 mg/l). V metabolitech jsou také obsaženy sírany. V moči a fekáliích se vyskytují organické látky indikan, histidin a další dusíkaté látky – kyselina močová, aminokyseliny, kyselina hippurová, skatol (podle se jedná o páchnoucí látku obsaženou ve fekáliích) a kreatinin, dále urochrom, steroidy koprosterol a cholová kyselina, z fenolů p-kresol. Z praní, mytí apod. se do splaškových vod dostávají tenzidy, což jsou povrchově aktivní látky, které jsou součástí pracích a čisticích prostředků – detergentů. Detergenty obsahují kromě tenzidů ještě aktivační přísady - fosfor (polyfosfáty) či deriváty škrobu a celulózy, ale také plnidla (síran sodný), barviva, parfémy, bělidla apod.

Srážkové odpadní vody obsahují spláchnuté nečistoty. Při silných deštích obsahují velké množství písku. V zimě se dostává se srážkovými vodami z tajícího sněhu velké množství soli ze sypaných vozovek, což se projeví přechodně velkým nárůstem koncentrace chloridů (i více než na dvojnásobek) (Malý, 1996). Přijatelná koncentrace NaCl pro biologické čištění je 10 – 15 g/l. Obecně mají srážkové vody zředující charakter.

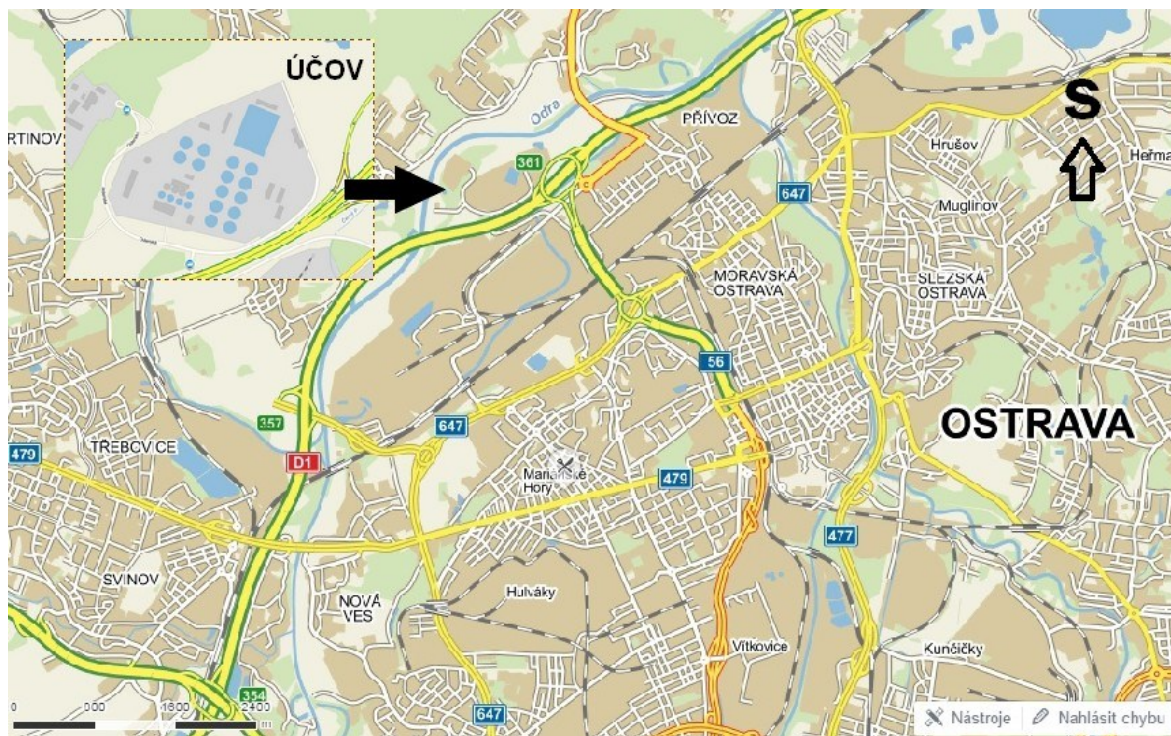
Průmyslové odpadní vody obsahují odpadní vody od zaměstnanců – z jídelen, kuchyní, umývárén apod., mající charakter splaškových vod, dále odpadní vody srážkové (odváděné z areálu), odpadní vody chladicí a odpadní vody technologické. Vody technologické jsou zpravidla znečištěny nejsilněji. Např. vody z mlékáren, škrobáren, konzerváren, kožedělného a textilního průmyslu obsahují velmi vysoké koncentrace organických látek. Vody z petrochemického průmyslu, zpracování uhlí apod. obsahují fenoly. Běžnou složkou průmyslových OV jsou ropné látky – nepochybně extrahovatelné látky apod. Z povrchových úprav kovů pocházejí těžké kovy (Zn, Cu, Cd, Cr, Ni, Pb apod.)

a kyanidy. Tyto látky jsou přísně limitovány, protože působí toxicky na biologické procesy v ČOV. Pokud průmyslové OV obsahují nadměrné koncentrace těchto toxických látek, je nutné je před vypuštěním do kanalizace eliminovat. Důležitá je také hodnota pH – do veřejné kanalizace se může vypustit odpadní voda s pH 6,0 – 8,5.

Složení městských odpadních vod je tedy dáno složením jejich jednotlivých částí, tedy složením OV splaškových, srážkových a průmyslových.

2.5 Technologie ÚČOV v Ostravě

Na obrázku č. 3 je znázorněna poloha ústřední čistírny odpadních vod v Ostravě.



Obrázek 3 Mapa znázorňující objekt ÚČOV Ostrava (mapy.cz, 2017)

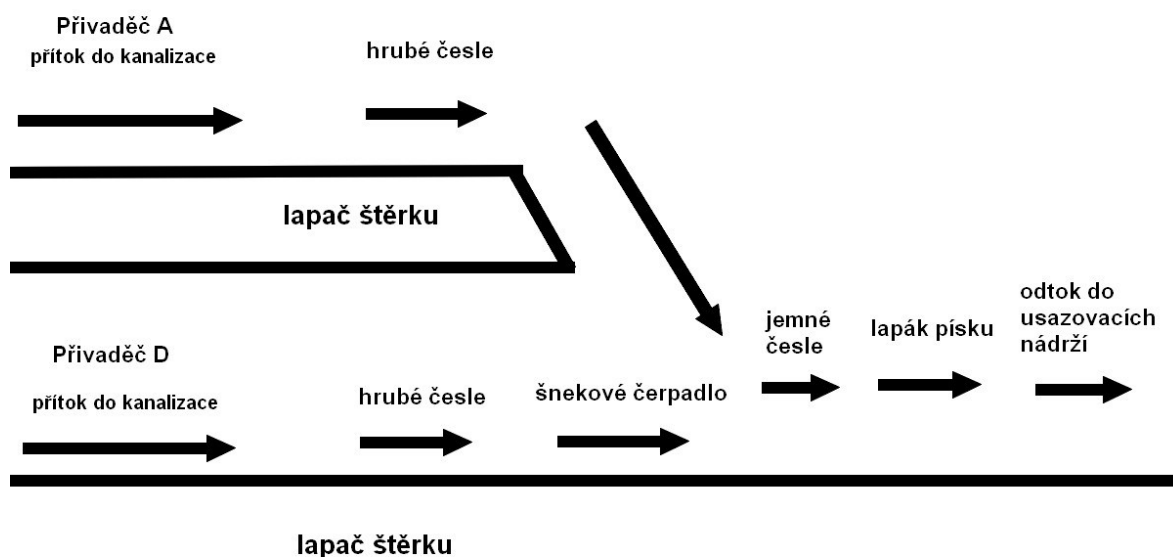
Ústřední čistírna odpadních vod v Ostravě je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod. Do provozu byla uvedena v roce 1996. Je to čistírna s primární sedimentací, nízkou zátěžovou aktivací s nitrifikací a podřazenou denitrifikací. Dále zde najdeme chemické srážení fosforu a anaerobní stabilizaci čistírenských kalů (Kanalizační řád, 2016).

Projektované parametry pro ÚČOV znázorňuje tabulka č. 7. Počet ekvivalentních obyvatel je 638 850 EO.

Tabulka 7 Projektované parametry ÚČOV Ostrava

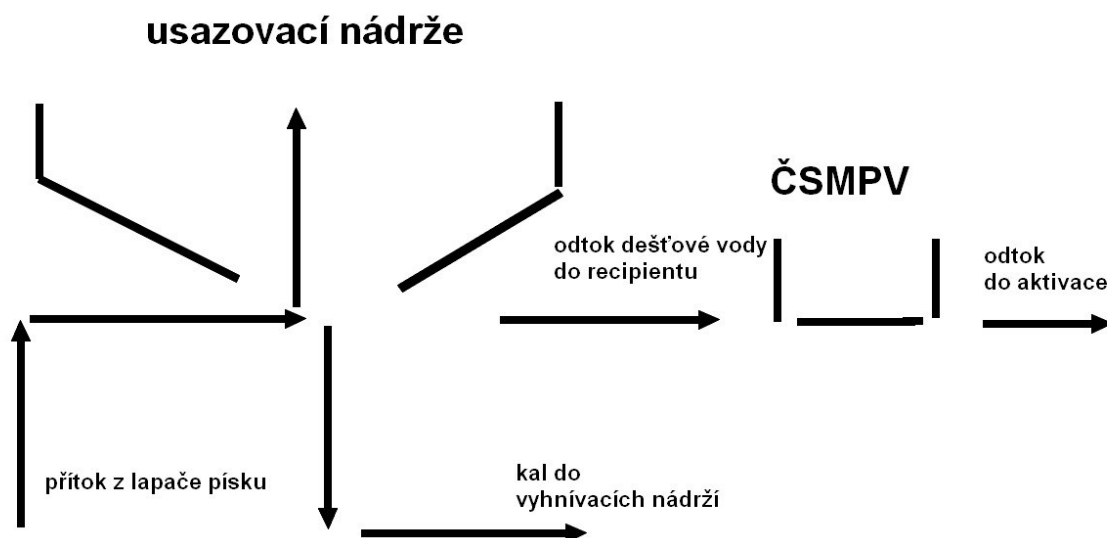
Parametr	Jednotky	Převedené jednotky
Q denní	184 372 m ³ /den	2 131 l/s
BSK ₅ přítok	38 331 kg/den	208 mg/l
BSK ₅ odtok	2 710 kg/den	14,7 mg/l
Čistící efekt	92,9 %	

Hlavním produktem čistírny odpadních vod je vyčištěná voda, různé druhy kalů, shrabky, písek a bioplyn, který se dále využívá. Prvním krokem je smíchání odpadní vody z průmyslové a ostatní kanalizace. Odpadní voda protéká ručně stíratelnými česlemi, které mají větší průliny, tudíž zachytí větší nečistoty. V další fázi se nacházejí šneková čerpadla, která vod vyčerpají do výšky, aby bylo možné následně vodu pouštět po areálu ČOV gravitačně. Následují česle s jemnými průlinami, které odstraní hrubé nečistoty z odpadní vody. Dalším stupněm je mechanické části je podélný provzdušňovací lapák písku, který slouží k odstranění nejtěžších podílů nečistot, aby se neničila kalová čerpadla. Písky a shrabky se vozí na skládku.



Obrázek 4 Hrubé předčištění

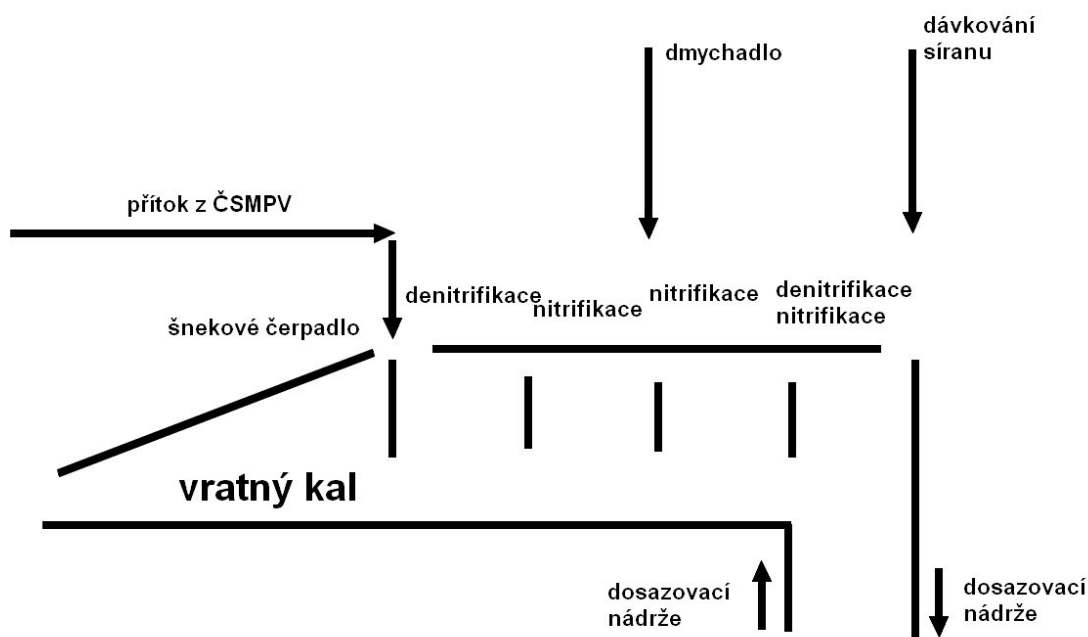
Dále voda pokračuje do dvou linek, mezi něž se rovnoměrně rozděluje. První částí se říká primární usazovák. Dochází zde k oddělování látek těžších a lehčích než je voda. Těžší usaditelné látky se usadí na dno. Po nádrži jezdí most, který čerpá usazeniny ze dna, a když jede zpět, tak hrne proti proudu vody kal, který se nazývá primární. Primární kal obsahuje větší obsah jednoduchých organických látek biologicky snadno rozložitelných, a proto z něj pak v kalovém hospodářství v čistírně odpadních vod vzniká velké množství bioplynu.



Obrázek 5 Usazovací nádrže

Látky lehčí, než voda se jímají z hladiny a přečerpávají se spolu s primárním kalem k dalšímu zpracování do vyhnívacích a anaerobních nádrží. Dále následuje biologické čištění pomocí aktivovaného kalu, což je směs odpadní vody a různých jedno až mnohobuněčných mikroorganismů, které rozkládají největší části znečištění na menší a ještě menší molekuly. V první fázi je přírodní žlab, kde se odpadní voda s aktivovaným kalem jenom promíchává pomocí poly - P bakterií je odstraňován biologická fosfor z odpadní vody.

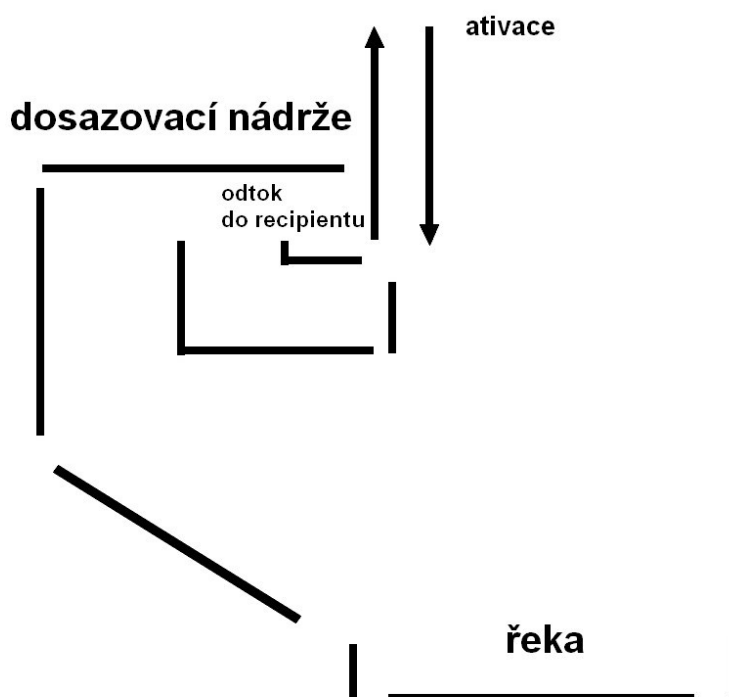
V nitrifikační části se pomocí dmychadel vhání vzduch ke dnu nádrží, do takzvaných vzduchových elementů, aby tam mohly aerobní mikroorganismy žít. Zde také probíhá přeměna amoniakální formy dusíku přes dusitanový až dusičnanový dusík ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$).



Obrázek 6 Aktivační nádrže

Z konce provzdušňované nádrže se směs aktivovaného kalu a vody vrací zpět na začátek, kde se nachází denitrifikační část – anoxická zóna (nedodává se do ní žádný vzduch, jen se promíchává pomocí ponorných míchadel). Žijí v ní denitrifikační bakterie a ty rozkládají dusičnany na plynný dusík.

Cílem čištění odpadních vod je, aby se do řeky dostalo co nejméně dusíku, fosforu a uhlíku. Vyšší obsah živin ve vodách způsobuje eutrofizaci vod, vyšší obsah organických látek a amoniakálního dusíku způsobuje rychlé snížení obsahu kyslíku v toku a tím horší životní podmínky pro ryby a další živočichy. Na ČOV, kde nestačí samotný biologický stupeň čištění, kdy je daná legislativou požadovaná úroveň fosforu, tak se pomáhá chemií. Do procesu čištění vody se přidává síran železitý, který napomáhá k větší akumulaci fosforu do kalu.



Obrázek 7 Dosazovací nádrže

Poslední částí čistírny je dvojice kruhových dosazovacích nádrží, která oddělí aktivovaný kal od vyčištěné vody. Odtokové žlaby jsou z nerez, tudíž méně náchylné k narůstání biologického povlaku. Na dně nádrží se usazuje kal, který je přečerpáván zpět na začátek biologické části čistírny do nových nádrží regenerace kalu. Odtud kal pak přetéká od denitrifikačních nádrží. Protože kal neustále přibývá, tím jak se odbourávají nečistoty z vody, tak se musí ze systému odvádět pryč – přebytečný kal. Přebytečný kal je použitelný na zahušťovací odstředivku a dále zahuštěný čerpán k primárnímu kalu do zahušťovacích nádrží.

Oba druhy kalů, primární, přebytečný a plovoucí nečistoty se načerpávají do zahušťovacích nádrží a následně do vyhnívacích – anaerobních nádrží, kde probíhá stabilizace kalů. Tento proces vyžaduje vyšší teplotu (37 - 45 °C), ve kterých se jako palivo používá bioplyn, který vzniká při tomto procesu stabilizace kalu. Bioplyn se skladuje v plynojemu pod stálým tlakem a spaluje se jednak v již zmíněných kotlích, čímž se zároveň vyrábí teplá voda a dále se využívá v kogeneračních jednotkách, kde se z něj vyrábí elektrická energie a teplo, které se používá přímo v provozu.

Z vyhnívacích nádrží se kal přepouští na poslední krok, kterým je odvodnění kalu na odvodňovací odstředivku, tak aby se zvýšil podíl sušiny a tím snížil objem a hmotnost kalu. Odvodněný kal se pak může použít jako hnojivo pro zemědělskou půdu.

3 SLEDOVANÉ PARAMETRY NA PŘÍTOKU DO ÚČOV

Na přítoku odpadních vod Ústřední čistírny odpadních vod Ostrava je každý den sledována biochemická spotřeba kyslíku, chemická spotřeba kyslíku, rozpuštěné a nerozpuštěné látky, amoniakální a celkový dusík, celkový fosfor a denní průtok (Žárský et al., 2006).

U vod mechanicky předčištěných je sledováno jejich denní množství, biologická a chemická spotřeba kyslíku, obsah amoniakálního a vázaného dusíku a obsah nerozpuštěných látek (Žárský et al., 2006).

Na odtoku z ÚČOV Ostrava sledujeme denní průtok, chemickou biologickou spotřebu kyslíku, obsah rozpuštěných a nerozpuštěných látek, amoniakální, anorganicky vázaný a celkový obsah dusíku, množství dusitanů a dusičnanů a také množství celkového fosforu (Žárský et al., 2006).

3.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)

BSK je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek v oxickém prostředí, která vzniká biochemickou oxidací organických látek ve vodě. Jednotky se uvádějí v mg/l (Pytl, 2012).

3.2 Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK₅)

BSK₅ je ukazatel, který nám udává množství rozpuštěného kyslíku ve vodách (Noori et spol., 2013). Kyslík je během biochemické oxidace spotřebován při anaerobním biochemickém rozkladu organických látek a měřen po dobu pěti dnů bez přístupu vzduchu a světla, při teplotě 20 °C (Zelinka et al., 1984). To znamená, že vyjadřuje množství biologicky snadno rozložitelných organických látek ve vodě (Pitter, 1999). Tento parametr je široce používán v měření organického znečištění v systémech vodních zdrojů. (Liu et spol., 2013).

3.3 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

Stanovení chemické spotřeby kyslíku je založeno na chemické oxidaci. Udává množství kyslíku, které se při oxidaci spotřebuje (Horáková, 1989). CHSK indikuje míru obsahu organických látek ve vodním prostředí a slouží ke stanovení organického znečištění vody (Dohányos, 1998). Vztahuje se na organické látky bez ohledu na to, zda jsou biologicky rozložitelné nebo ne, čímž se liší od BSK. Je využívanou metodou pro určení schopnosti organismů pročišťovat odpadní vody. Pro stanovení v odpadních vodách se využívá zásadně metoda dichromanová CHSK_{Cr} (Pitter, 2009). Naměřené hodnoty CHSK se udávají v mg/l.

3.4 Nerozpuštěné látky (NL)

Mezi tyto látky patří v přírodních a užitkových vodách různé hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů (železo, mangan a hliník), fytoplankton, zooplankton, organický detrit, tuky a oleje. V průmyslových odpadních vodách můžeme najít anorganické i organické rozpuštěné látky.

3.5 Amoniakální a celkový dusík

Dusík spolu s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky, je nezbytný pro rozvoj mikroorganismů. Obsah celkového dusíku ve vodě, což je analytický skupinový ukazatel, je dán součtem koncentrací dusíku ve všech anorganických (NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) a organických dusíkatých sloučeninách. Zjištění hodnoty obsahu celkového dusíku je důležité při stanovování látkové dusíkové bilance povrchových a odpadních vod.

3.6 Celkový fosfor

Fosfor je prvek, který se ve vodách vyskytuje v organických nebo anorganických sloučeninách. Anorganické formy jsou ortofosforečnany a polyfosforečnany. Nejčastější formou výskytu jsou ortofosforečnany. Je významným biogenním prvkem a může se podílet na eutrofizaci vod.

4 ORGANICKÉ LÁTKY VE VODÁCH

Koncentrace organických látek se pohybuje v rozmezí od stopového množství po majoritní složku vody. Podle Pitter (2009) jsou dva zdroje původu organických látek ve vodách. Jde o přírodní nebo antropogenní původ. Do látek přírodního původu řadíme sinice, bakterie a řasy, které jsou přítomné ve vodách, dále látky, vzniklé odumíráním a následným rozkladem organismů a látky vyluhované z půdy. Látky antropogenního původu vznikají hlavně činností člověka a hlavním zdrojem jsou odpadní vody vypouštěné ze zemědělství a průmyslu, případně průsaky ze skládek do podloží. Při zemědělské činnosti se do vodního toku dostávají hnojiva, která se vsáknou do půdy a prostřednictvím podzemního odtoku se mohou dostat i do povrchových toků. Pomocí dešťové vody se hnojiva mohou rozpustit a být tak spláchnuty do vodních toků. Voda v říčních tocích je v neustálém kontaktu se svým podložím. Dochází tak ke kontaminaci s horninami tvořícími geologické podloží.

Jelikož odpadní vody obsahují převážně organické látky, jež jsou lehce rozložitelné, používají se ke stanovení celkového organického znečištění ukazatelé jako BSK a CHSK, resp. celkový organický uhlík (TOC). Při analýze odpadních vod se dává jednoznačně přednost stanovení BSK₅ (Tölgyessy, 1989).

Ve splaškových vodách se TOC, resp. DOC příliš nestanovuje, ale větší význam má pro stanovení organického uhlíku v průmyslových odpadních vodách. Pro posouzení složení organických látek v surových a vyčištěných odpadních vodách mají značný význam poměry mezi uvedenými ukazateli. Hodnota CHSK surové splaškové vody se rovná obvykle asi dvojnásobku hodnoty BSK₅, což svědčí o přítomnosti biologicky snadno rozložitelných látek. Tomu odpovídá poměr BSK₅: TOC asi 1,6. Poměr CHSK : TOC (charakterizující průměrné oxidační číslo atomů uhlíku směsi organických látek) se obvykle pohybuje v rozmezí od 3,0 do 3,5 (Pitter, 1999). V průmyslových odpadních vodách je vždy nutno zjistit obsah dusíku a fosforu, jejichž přítomnost je pro biologické čištění nezbytná. Potřebné množství těchto makronutrientů se udává poměrem C: N : P, též poměrem CHSK : N : P nebo poměr BSK₅: N: P. Výsledek biologického čištění závisí na přítomnosti nebo absenci nutrientů (N, P), protože musí být vytvořeny předpoklady pro tvorbu aktivovaného kalu či biofilmu. Jak již bylo zmíněné, splaškové odpadní vody trpí

přebytkem těchto prvků, ale u průmyslových odpadních vod je tomu jinak. V praxi se množství dusíku a fosforu v odpadních vodách potřebné pro jejich úspěšné biologické čištění odhaduje obvykle ze vztahu BSK₅: N : P = 100 : 5 : 1 (Pitter, 1999).

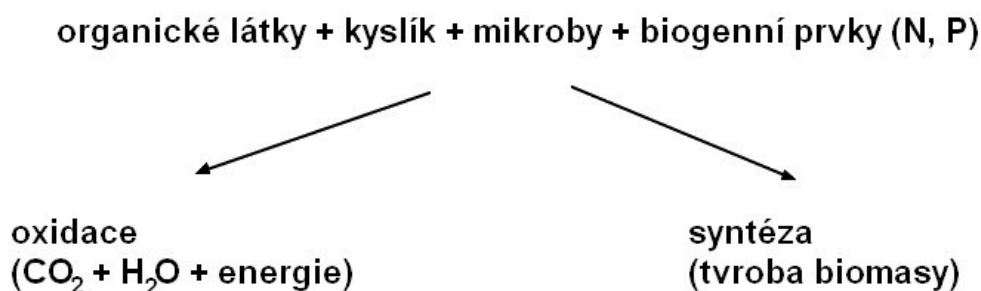
V následující tabulce č. 8 najdeme, že znečištění z průmyslu je ve všech ukazatelích větší než znečištění od obyvatelstva. Z přítékajícího množství odpadních vod na ÚČOV Ostrava v roce 2007 vyplývá, že 36,1 % tvoří splaškové vody a 59,4 % tvoří průmyslové odpadní vody. V případě organického znečištění odpadních vod vyjádřené BSK₅ tvoří organické látky od obyvatel až 38,6 %, a nerozpuštěné látky 34,4 %.

Tabulka 8 Znečištění v roce 2007(Pitter, 2015)

Parametr	Znečištění od obyvatel	Znečištění z průmyslu	Přítok na ČOV	Znečištění od obyvatel v %	Znečištění z průmyslu v %
BSK₅ (m³/r)	12857552	2114800	3,6E+07	36,1	59,4
NL (t/r)	2982	4744	4744	38,6	61,4
Q (t/r)	4497	8521	13018	34,4	65,5

4.1 Biochemická spotřeba kyslíku

Když se čistí odpadní vody, probíhají zde biologické procesy, které probíhají i při samočištění v přírodních vodách. Organické látky podle jejich složení jsou jako zdroj energie a živin využívány organotrofními bakteriemi. Část organických látek je biochemicky oxidována až na CO₂ a H₂O. Energie, která se získá těmito oxidačními pochody, se následně využije k spojení nové biomasy se zbývající částí organických látek. Tento proces je znázorněn na obrázku č. 7 (Pitter, 2015).



Obrázek 8 Znáznornění procesu (Pitter, 2015)

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek v oxickém prostředí, která vzniká biochemickou oxidací organických látek ve vodě. Jednotky se uvádějí v mg.l^{-1} (Pytl, 2012).

BSK se používá jako míra koncentrace biologicky rozložitelných látek. Hodnota BSK je závislá na době inkubace, BSK za n dní se označuje jako BSK _{n} . Specifická BSK se stanovuje u chemických individuů a vyjadřuje se v gramech kyslíku na jeden gram sloučeniny. Stanovení BSK je jeden ze základních parametrů při posuzování účinnosti biologického čištění odpadních vod a při hodnocení biologické rozložitelnosti organických látek. Je také běžnou součástí rozboru povrchových a odpadních vod (Pitter, 2015).

Standartní zřed'ovací metoda

Vzorek vody, který je k dispozici se upravuje a ředí různými objemy ředící vody s dostatečnou koncentrací rozpuštěného kyslíku, případně s koncentrací rozpuštěného kyslíku s inokulem aerobních organismů. Nitrifikace se potlačuje. Vzorek se inkubuje ve tmě při teplotě 20 °C po dobu 5 dní nebo 7 dní ve zcela naplněné lahvičce. Před inkubací i po ní se stanovuje rozpuštěný kyslík. Pak se vypočte hmotnost kyslíku spotřebovaného 1 litrem vody, výsledky se vyjadřují v mg/l . (ČSN EN 1899, 1999).

Při stanovení BSK u městských vod voda obsahuje dostatečné množství mikroorganismů, které jsou pro biochemickou oxidaci organických látek potřeba. Je možné, že některé průmyslové odpadní vody vlastní bakterie nemají. V tomto případě je

nutná dodatečná inokulace zkoušené vody povrchovou nebo odsazenou městskou vodou. Někdy je vhodné vypěstovat vlastní inokulum, kvůli možnosti odhadnutí podílu skutečně biologicky rozložitelných látek. Tyto všechny metody musí být uvedeny v protokolu o zkoušce (Pitter, 2015).

Průběh biochemické spotřeby kyslíku závisí na době inkubace. Celá biochemická oxidace organických látek obsažených v městské vodě trvá při standartní zřed'ovací metodě asi 20 celých dní. Tato doba je, ale moc dlouhá pro praktickou upotřebitelnost výsledků, proto byla zvolena jednotná inkubační doba 5 dní. Tato doba byla zvolena ve Velké Británii, protože představovala spotřebu kyslíku vody ve většině řek v Anglii až po jejich vyústění do moře. Výsledek se označuje jako pětidenní biochemická spotřeba kyslíku = BSK₅ a je jen částí úplné BSK, jejíž velikost závisí na rozkladu organických látek (Pitter, 2015).

Kromě zřed'ovací metody se používají ještě metody respirometrické, které jsou založené na principech plynoměrné analýzy. Výhodou respirometrických metod je, že lze pracovat bez ředění odpadních vod, napodobovat podmínky při biologickém čištění odpadních vod v aktivaci, sledovat snadno celý průběh BSK, vliv pH a různých počátečních koncentrací substrátu i inokula, vliv toxických látek atd. Nevýhodou proti zřed'ovací metodě je v některých případech složitější aparatura (vysoké pořizovací náklady), méně dostupná běžným laboratorím, náročnější práce a obtížnost stanovení BSK málo znečištěných vod. Výsledky zjištěné zřed'ovací a respirometrickou metodou nejsou vzájemně srovnatelné, protože se pracuje za odlišných podmínek (Řezníčková, 2000).

Limit BSK₅ Normy environmentální kvality (NEK-RP) dle nového zákona č. 61/2003 Sb., ve znění nového zákona č. 23/2011 Sb. se oproti předchozí úpravě nového zákona č. 229/2007 změnil z 6 mg/l na 3,8 mg/l, což znázorňuje tabulka č. 10.

Tabulka 9 Porovnání obou vyhlášek limitů jakosti povrchových vod pro BSK₅

Parametr	Porovnání s NEK-RP NV č. 61/2003 Sb., ve znění NV č. 23/2011 Sb.	Porovnání s imisními standardy NV č. 61/2003 Sb., ve znění NV č. 229/2007 Sb.
BSK ₅	3,8 mg/l	6 mg/l

Tabulka 10 Mezní hodnoty tříd jakosti dle normy ČSN 75 7221 pro BSK₅ (v mg/l)

Parametr	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
BSK ₅	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15

Nitrifikace a její inhibice

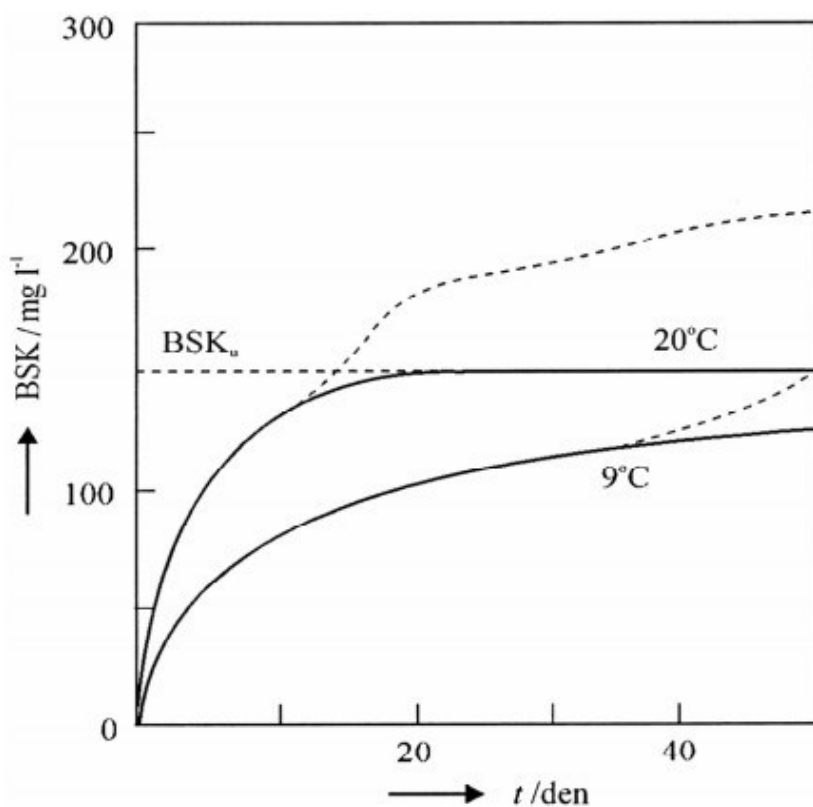
Při přítomnosti amoniakálního dusíku probíhá BSK ve dvou fázích. Nejprve probíhá oxidace organických uhlikatých látek a potom oxidace amoniakálního dusíku uvolněného z organických dusíkatých látek na dusitany až dusičnany, viz obrázek č. 9 (Pitter, 1999).



Obrázek 9 Schematické znázornění průběhu BSK v závislosti na čase, probíhá-li v pozdějším stádiu nitrifikace

Při stanovování BSK městských odpadních vod začíná nitrifikace obvykle asi po 10 až 13 dnech inkubace, protože nitrifikující organismy nejsou zpočátku přítomny v dostatečném množství. Toto vidíme na grafu, který je na obrázku č. 10. Nitrifikace může

probíhat hned na počátku za určitých podmínek. To se projevuje např. u odtoků z biologických čistíren odpadních vod pracujících s nitrifikací, kdy odtoky obsahují již značné množství látek podléhajících nitrifikaci. V těchto případech může být někdy hodnota BSK₅, po odečtení spotřeby kyslíku nitrifikací, i o více než polovinu původní hodnoty menší. Spotřeba kyslíku nitrifikací v odtoku je příčinou zdánlivě menší účinnosti biologické čistírny odpadních vod, vyjádřené v % BSK₅. Z těchto důvodů je nutné při stanovování BSK₅ potlačit nitrifikaci u odtoků z čistíren odpadních vod.



Obrázek 10 Průběh BSK městských odpadních vod při různých teplotách, čárkovaně je naznačen průběh nitrifikace (Pitter, 1999)

Průběh BSK

U městských odpadních vod se průběh BSK řadí mezi reakční kinetiku prvního řádu, podle které je rychlost biochemické spotřeby kyslíku úměrná zbývajícím koncentraci dosud biochemicky neoxidovaných látek. Následující rovnice byly odvozeny z experimentálních údajů získaných standardní zředovací metodou. Pokud se předpokládá pouze biochemická oxidace uhlíku a vodíku na CO₂ a H₂O, platí vztah 2:

$$\frac{dBSK}{dt} = k_l BSK_z (BSK_u - BSK_t) \quad (2)$$

Kde:

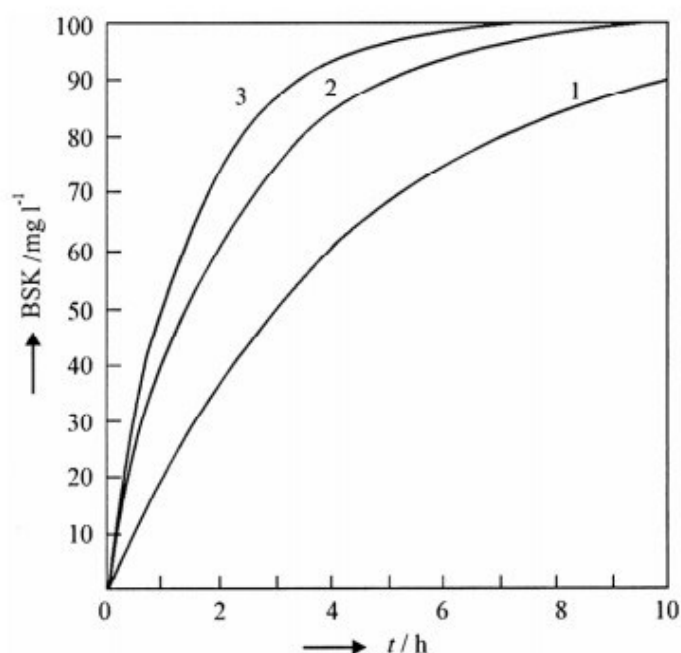
BSK_u je úplná BSK

BSK_z je zbývající BSK

BSK_t je BSK v čase t

k_l je rychlostní konstanta

Na obrázku č. 11 vidíme grafické znázornění této závislosti. Pro městské odpadní vody byla původně uvedena hodnota rychlostní konstanty $k_l = 0,1 \text{ d}^{-1}$. Jiné zdroje uvádějí hodnotu rychlostní konstanty od $0,14 \text{ d}^{-1}$ do $0,17 \text{ d}^{-1}$. Rozdílné hodnoty může mít tato konstanta u vod průmyslových a čistých organických látek. Biologicky. Z obrázku č. 11 je dobře viditelné, že vzhledem k proměnlivosti rychlostní konstanty není hodnota BSK₅ zcela přesnou mírou organického znečištění. Kvůli BSK₅, které se pohybuje mezi hodnotou 65 % TSK do 95 % TSK, ačkoliv BSK_u je stejná. Toto srovnání lze pozorovat jen u vod obsahující anorganické látky rozkládající se přibližně stejnou rychlostí. Stejně hodnoty BSK₅ může ukázat voda, která obsahuje sice málo organických látek, ale biologicky snadno rozložitelných a voda, která obsahuje více organických látek, ale jen pomalu biologicky rozložitelných (Pitter, 1999).



Obrázek 11 Závislost průběhu BSK na rychlostní konstantě k , 1 – $0,1 \text{ d}^{-1}$, 2 – $0,2 \text{ d}^{-1}$, 3 – $0,3 \text{ d}^{-1}$

V praxi, která je běžná se při stanovení BSK městských odpadních vod bere v potaz, že rychlostní konstanta má hodnotu asi $0,1 \text{ d}^{-1}$. To znamená, že rozklad látek je ukončen asi za 20 dní a každý den oxiduje asi 20,6 % zbývajících látek, vyjádřených jako BSK. Pak platí, že $\text{BSK}_{20} = 1,46 \text{ BSK}_5 \cong \text{BSK}_u$

Ale při $k_1 = 0,25 \text{ d}^{-1}$ je BSK_5 již přes 90 % BSK_u . Kromě druhu organických látek je kinetika BSK ovlivněna počtem přítomných bakterií, což je nutné brát v úvahu při porovnávání rychlostních konstant.

Vliv teploty na BSK

Teplota ovlivňuje reakční rychlost enzymových reakcí, a také rychlost transportu substrátu do buňky mikrobů. Empirický vztah pro vliv teploty na hodnotu rychlostní konstanty k_1 je znázorněn v rovnici 3:

$$k_{l(T)} = k_{l(20)} \Theta^{T-20} \quad (3)$$

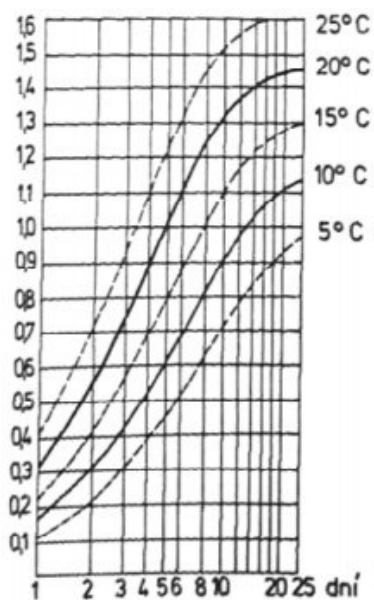
Kde:

$k_{l(T)}$ je rychlostní konstanta při teplotě T ,

$k_{l(20)}$ je rychlostní konstanta při teplotě 20 °C,

Θ je teplotní koeficient.

Jde o zjednodušenou Arrheniovu rovnici, která platí pro chemické procesy (Herle et spol., 1990).



Obrázek 12 Průběh BSK při různých teplotách (Herle et spol., 1990)

5 MOŽNÉ PŘÍČINY ZMĚNY BSK NA PŘÍTOKU V PRŮBĚHU SLEDOVANÉHO OBDOBÍ

Ústřední čistírna odpadních vod Ostrava zabezpečuje z 98,7 % čištění odpadních vod na území města Ostravy. Zbývající odpadní vody jsou čištěny na dalších čtyřech čistírnách v Michálkovicích, Heřmanicích a Vítkovicích.

Čistírna je projektovaná na maximální počet 638 850 ekvivalentních obyvatel, na maximální zatížení (BSK₅) 38 331 kg/den a na maximální denní průtok $Q = 184\,372 \text{ m}^3/\text{den}$.

Základním úkolem při sledování a hodnocení provozu ČOV je měření průtokového množství odpadní vody a stanovení její kvality. Koncentrace organického znečištění, o jehož odstranění jde na městských ČOV především, je vyjadřována hodnotami BSK₅ a CHSK. V posledních letech, vzhledem k legislativním požadavkům, k tomu přistupují další složky znečištění, zejména sloučeniny dusíku a fosforu.

Statistické zpracování sledovaných ukazatelů odpadních vod přiváděných na ÚČOV Ostrava a odpadních vod odebraných z kmenových stok kanalizační sítě na území města Ostravy je provedeno pomocí statistických ukazatelů v rámci aplikace programu Microsoft Office Excel 2013.

Byly vybrány základní statistické ukazatele, které jsou charakteristické pro základní srovnání nashromážděných dat ve sledovaném období, vypovídající o jejich charakteru:

- minimální hodnota - provádí se porovnáním jednotlivých parametrů a výsledkem je hodnota toho parametru, který se při porovnání se všemi ostatními jeví jako nejnižší.
- maximální hodnota - provádí se porovnání jednotlivých parametrů a výsledkem je hodnota toho parametru, který se při porovnání se všemi ostatními jeví jako největší.
- aritmetický průměr - vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Aritmetický průměr je součet všech hodnot vydělený jejich počtem.
- medián – je hodnota, jež dělí řadu podle velikosti seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných

a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu

V následujících tabulkách a obrázcích je zachycen vývoj poměrů na přítoku na ÚČOV pro období 2005 – 2014. Zdrojem dat byly data poskytnutá z Ústřední čistírny odpadních vod v Ostravě.

Tabulka 11 Statistika celého souboru dat na přítoku, rok 2005-2014

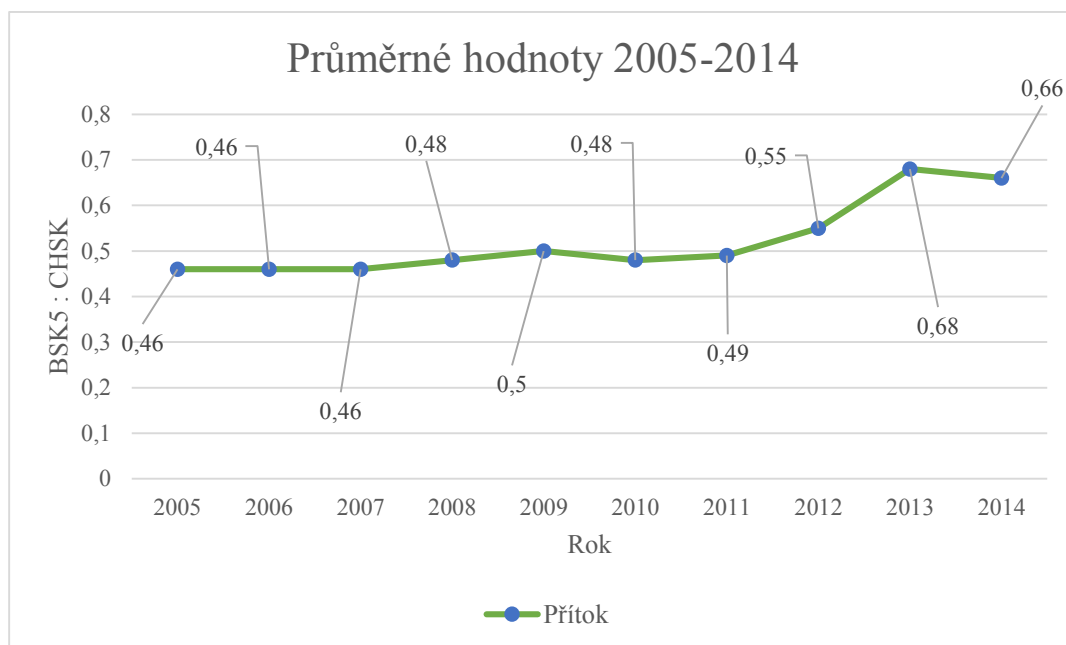
Parametr	Průtok	CHSK	BSK₅	N_c	P_c
Jednotky	m ³ /d	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
n - počet	428	292	278	288	288
Min - Minimum	59 620	124	61,4	19,3	2,4
dQ - Dolní kvartil	71 508	350,5	178,5	44,6	6,1
Med - Median	74 500	410	211	52,05	6,8
hQ - Horní kvartil	83 195	472,5	244	58,7	7,9
Maximum	253 470	702	351	73	13,1
P - Průměr	82 141	408,24	209,5	50,9	6,9
s - Směr. odchylka	22 393	96,774	50,68	10,59	1,6
P - 2.s	37 356	214,692	108,14	29,72	3,7
P + 2.s	126 927	601,788	310,87	72,08	10,1

Koncentrace BSK₅ na přítoku na ČOV závisí zejména na charakteru přiváděných odpadních vod a typu stokové sítě v dané lokalitě.

Odpadní voda, která je přiváděna do ÚČOV Ostrava je přiváděna jednotnou stokovou sítí do lokality. Stoková síť je systém trubních rozvodů a dalších aparátů, které slouží k odvádění odpadních vod z jednotlivých obvodů do čistírny odpadních vod, případně přímo do recipientu. Jedná se o jednotnou stoku pro odvádění městských vod i splašků (aquaprocon.cz, 2017).

Z výsledků korelační analýzy byla prokázána závislost mezi BSK₅ : CHSK, která vyjadřuje stupeň biologické rozložitelnosti organických látek. U odpadních vod obsahujících snadno rozložitelné látky se poměr BSK₅ : CHSK pohybuje v rozmezí 0,5 - 0,75.

Z obrázku č. 13 vyplývá, že odpaní vody obsahují snadno rozložitelné látky, jelikož se poměr BSK₅ : CHSK pohybuje od 0,5 do 0,7.



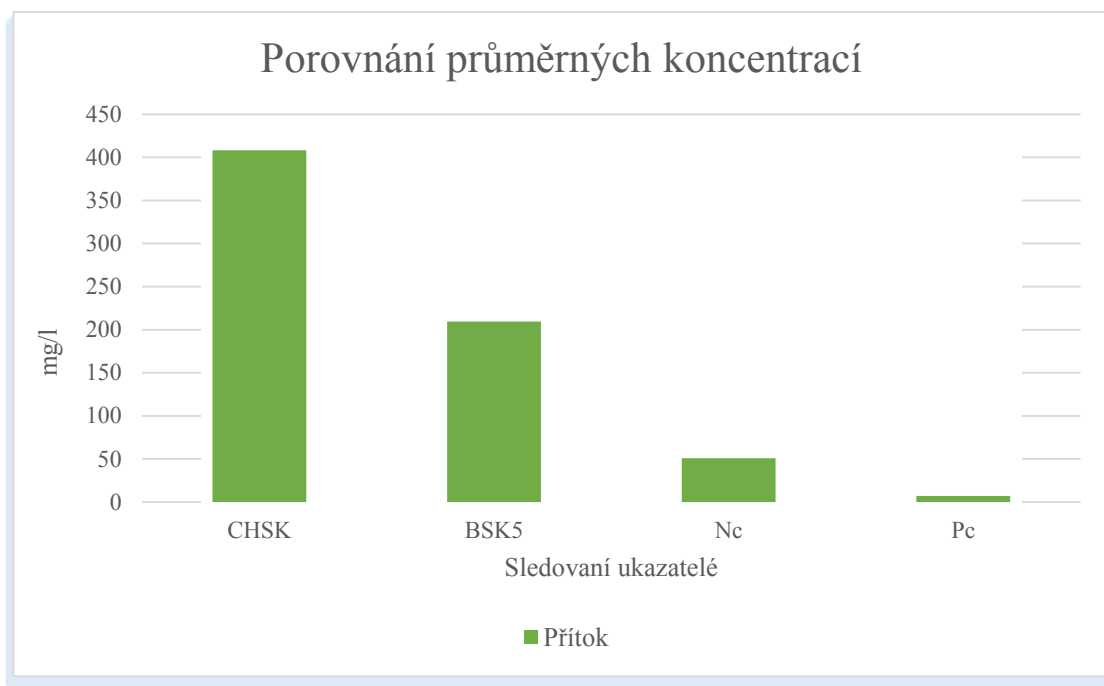
Obrázek 13 Poměr BSK₅ : CHSK

Z hodnot koeficientů korelace v tabulce č.12 jsou zřejmé závislosti, které je možno předpokládat: CHSK : BSK₅, N_c : CHSK, N_c : BSK₅, P_c : CHSK, P_c : BSK₅, P_c : N_c vykazují vyšší hodnotu korelační koeficientu i s nerozpuštěnými látkami, takže jejich významný podíl může být odstraněn při primární sedimentaci. Významnější hodnotu koeficientu korelace lze zjistit i pro vztah mezi přiváděným množstvím a rozpuštěnými látkami, celkovým dusíkem a celkovým fosforem. Ve sledovaném souboru poskytuje P_c nejvíce významných korelačních závislostí, což je ovlivněno jeho jednoznačným původem v přítékajících odpadních vodách.

Tabulka 12 Korelační analýza všech dat koncentrací na přítoku

	Průtok	CHSK	BSK₅	N_c	P_c
Průtok	1	-0,398	-0,45	-0,721	-0,523
CHSK	-0,398	1	0,728	0,666	0,817
BSK₅	-0,45	0,728	1	0,568	0,598
N_c	-0,721	0,666	0,568	1	0,771
P_c	-0,523	0,817	0,598	0,771	1

Na obrázku č. 14 je grafické znázornění, které ukazuje porovnání průměrných koncentrací na přítoku v letech 2005 - 2014. Graf je vytvořen z tabulky č. 11, kde se nachází statistika všech dat. CHSK se průměrně pohybuje kolem hodnoty 400 mg/l, BSK₅ 200 mg/l, N_c 50 mg/l a P_c má průměrnou hodnotu 7 mg/l.



Obrázek 14 Statistika z celého souboru dat: Porovnání průměrných koncentrací na přítoku do ÚČOV

V tabulce č. 13 jsou vyhodnoceny průměrné roční hodnoty koncentrací průtoku, CHSK, BSK₅, N_c, P_c.

Tabulka 13 Roční průměrné hodnoty koncentrací

Roky	Průtok	CHSK	BSK ₅	N _c	P _c
	m ³ /d	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
2005	99863,27	438,42	201,98	47,09	6,62
2006	110166,60	445,73	199,31	46,13	6,40
2007	96705,86	509,27	231,16	52,35	7,44
2008	87626,07	457,94	216,29	53,11	6,74
2009	93899,37	387,21	192,95	45,48	5,34
2010	110993,50	342,24	163,84	45,51	4,99
2011	94037,48	373,78	179,28	47,30	5,30
2012	86592,69	366,89	178,75	46,36	5,96
2013	89183,32	382,40	200,48	46,18	6,18
2014	83361,56	405,52	208,85	50,59	6,81

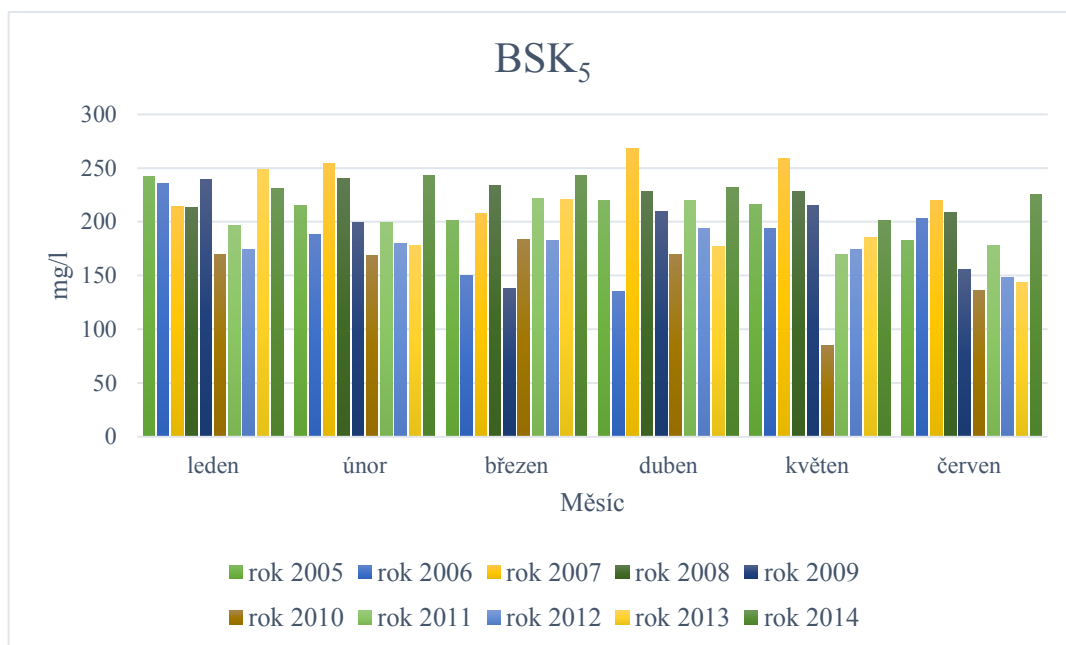
Grafické vyjádření proměnlivosti hodnot biologické spotřeby kyslíku v podobě obr. č. 15 nám ukazuje, že se hodnota pohybuje od 10000 až do 23000 kg/den.

Na grafu č. 15 je patrný klesající trend přitékající biochemické spotřeby kyslíku. Obyvatelé tudíž vypouštějí méně odpadní vody, ale CHSK zůstává stejné, zřejmě větší produktivita v průmyslu.

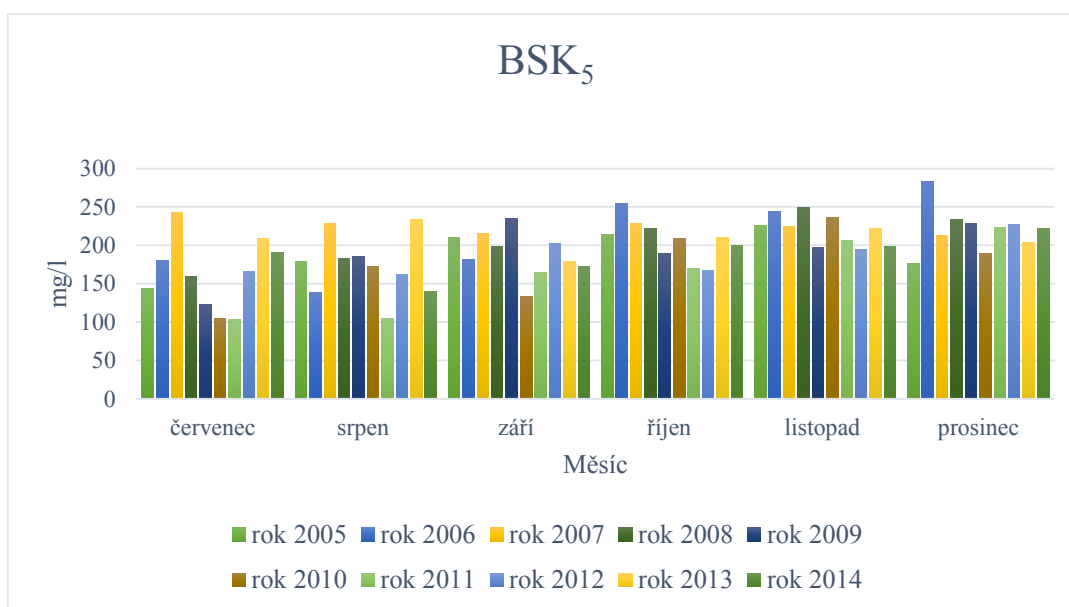


Obrázek 15 Průměrná množství biologicky odbouratelných látek za den BSK₅

Graf č. 16 a 17 je velmi podrobný, zde je porovnání let 2005-2014 za leden až prosinec. Na těchto podrobných grafech, je vidět, že rok 2007, který je znázorněn žlutou barvou, přináší nejvyšší hodnotu biochemické spotřeby kyslíku za 5 dní. Rok 2010 je zabarven hnědou barvou, je zde vidět, že se pohybuje v nejnižších číslech okolo 160 mg/l. V níže uvedených grafech lze pozorovat, že v měsících červen, červenec, srpen je parametr BSK₅ s porovnáním s ostatními měsíci menší. Je to zřejmě způsobeno tím, že lidé jsou v těchto měsících mimo domov, např.: jsou na dovolených, tudíž je menší produkce BSK na přítoku odpadních vod na čistírnu.

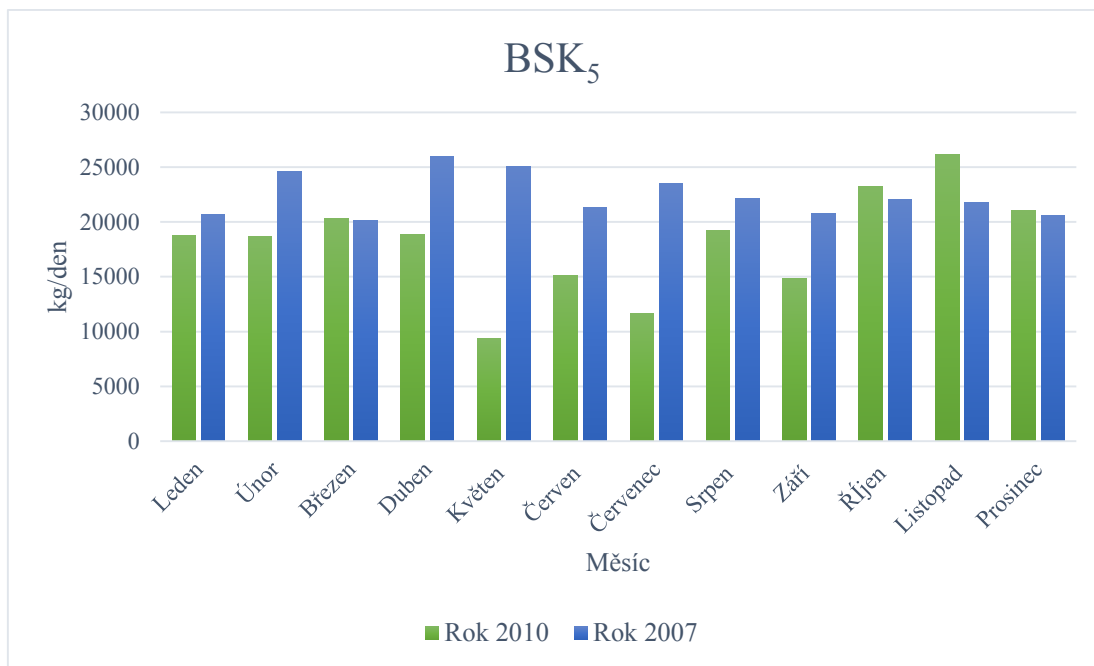


Obrázek 16 Podrobný graf BSK₅ za měsíce leden-červen v letech 2005-2014



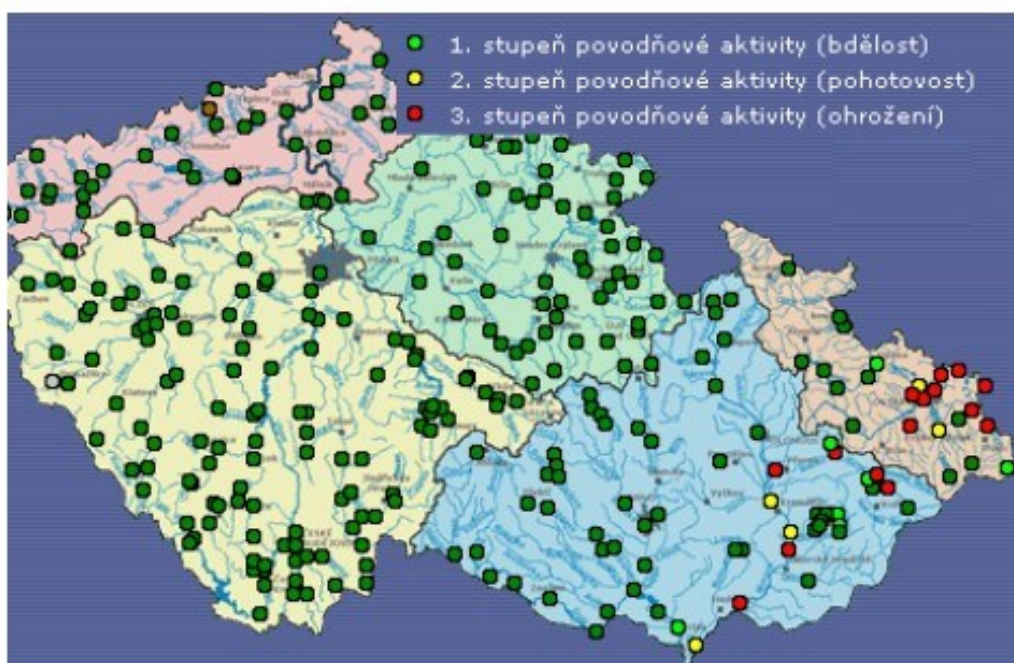
Obrázek 17 Podrobný graf BSK₅ za měsíce červenec-prosinec v letech 2005-2014

Na podrobnějším grafu č. 18, kde jsou znázorněny průměrné měsíční hodnoty biochemické spotřeby kyslíku za 5 dní. Je zde vidět nižší biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní v roce 2010, hlavně v jarních a letních měsících jako je květen, červen, červenec, srpen a září.



Obrázek 18 Průměrné měsíční hodnoty látkového množství BSK₅ za rok 2007 a 2010

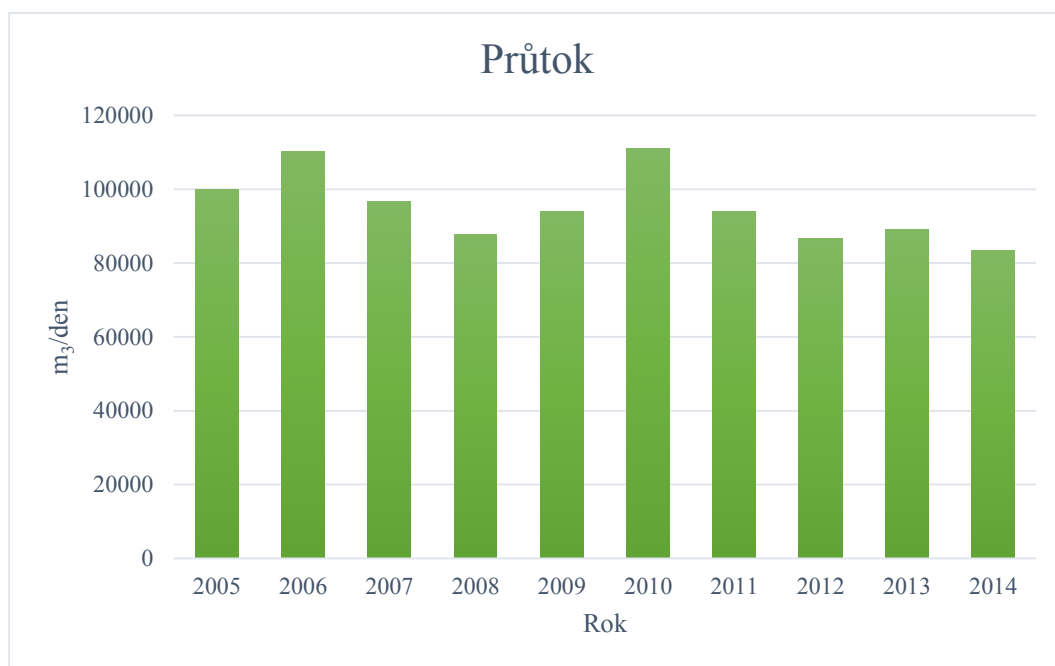
V roce 2010 proběhly bleskové povodně v České republice, které zasáhly v květnu a červnu kraj Moravskoslezský, což je znázorněno na obrázku č. 19. Toto je důvod ke snížené biochemické spotřebě kyslíku v tomto roce.



Obrázek 19 Schéma zachycující záplavy v květnu roku 2010 (Kroy, 2010)

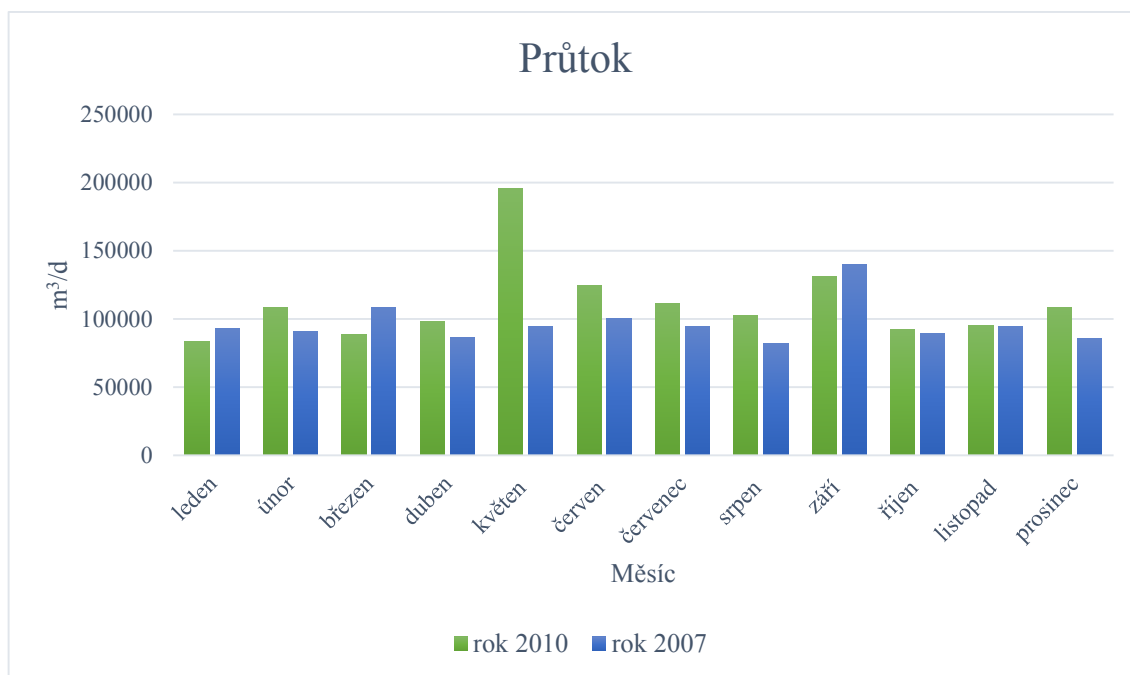
Z hlediska toho, že v květnu v roce 2010 byly záplavy v Moravskoslezském kraji velice silné, můžeme usoudit, že jednalo se o 3. stupeň povodňové aktivity, což mohlo ovlivnit sníženou biochemickou spotřebu kyslíku na přítoku do ÚČOV.

Na grafu č. 20 je zakreslen průběh průtoku Q do ústřední čistírny odpadních vod v Ostravě.



Obrázek 20 Průměrný průtok odpadních vod do ÚČOV 2005-2014

Bylo zjištěno, že v roce 2007 a v roce 2010 úhrn srážek v Moravskoslezském kraji byly v úhrnu srážek podstatné výkyvy. Tento jev je znázorněn na grafu č. 21, kde je průměrný měsíční přítok na Ústřední čistírnu odpadních vod v Ostravě v roce 2010 v roce 2007. V grafu jsou srovnána dvě období (rok 2010 období záplav, 2007 období sucha). Z grafu lze vyčíst, že v květnu 2010, kdy byly v Moravskoslezském kraji záplavy, byl průtok do čistírny odpadních vod nejvyšší.



Obrázek 21 Průměrný průtok na ÚČOV za rok 2010 a 2007

V tabulce č. 14 je zaznamenán úhrn srážek v roce 2010, který můžeme porovnat s rokem 2007, kdy byl úhrn srážek podstatně nižší, tudíž bylo období sucha.

Popis tabulek č. 14 na 15.:

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]

% = úhrn srážek v % normálu 1961–1990

Tabulka 14 Územní srážky v roce 2010 (portal.chmi.cz,2010)

		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	S	59	26	33	48	133	75	118	149	84	13	65	65	867
	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	674
	%	140	68	83	103	179	89	149	191	162	31	132	135	129
Moravskoslezský	S	70	39	28	78	280	105	161	129	107	17	78	70	1163
	N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
	%	167	88	64	132	298	97	153	131	170	33	134	134	142

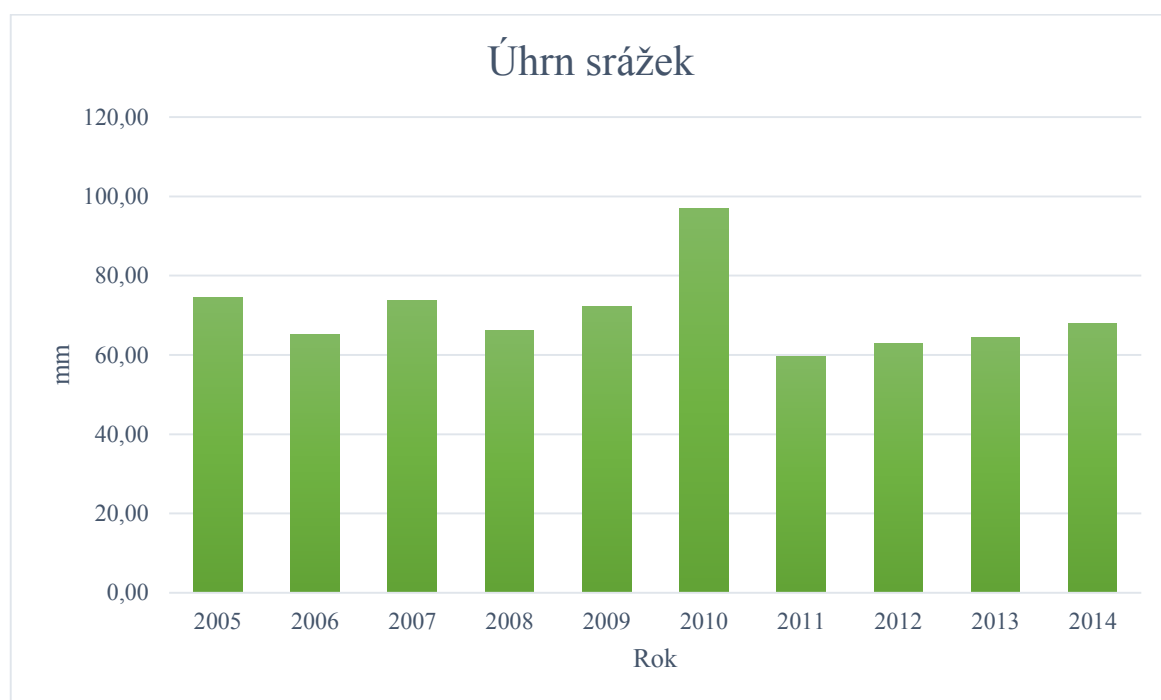
Tabulka č. 15 ukazuje územní srážky v roce 2007. Pokud bychom porovnali tabulku č. 14, kde je úhrn srážek za rok 2010, poznali bychom značný rozdíl v úhrnu

srážek v letních měsících. Z tohoto úsudku můžeme vyvodit, že v roce 2007 bylo BSK₅ vyšší z důvodu sucha a v roce 2010 nižší z důvodu většího úhrnu srážek.

Tabulka 15 Územní srážky v roce 2007 (portal.chmi.cz,2010)

		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	S	75	44	53	5	79	78	86	71	117	36	76	35	755
	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	674
	%	181	116	132	11	107	93	109	91	224	85	154	73	112
Moravskoslezský	S	79	37	78	9	68	83	89	75	191	68	68	40	885
	N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
	%	189	84	180	15	73	77	84	77	306	137	117	77	108

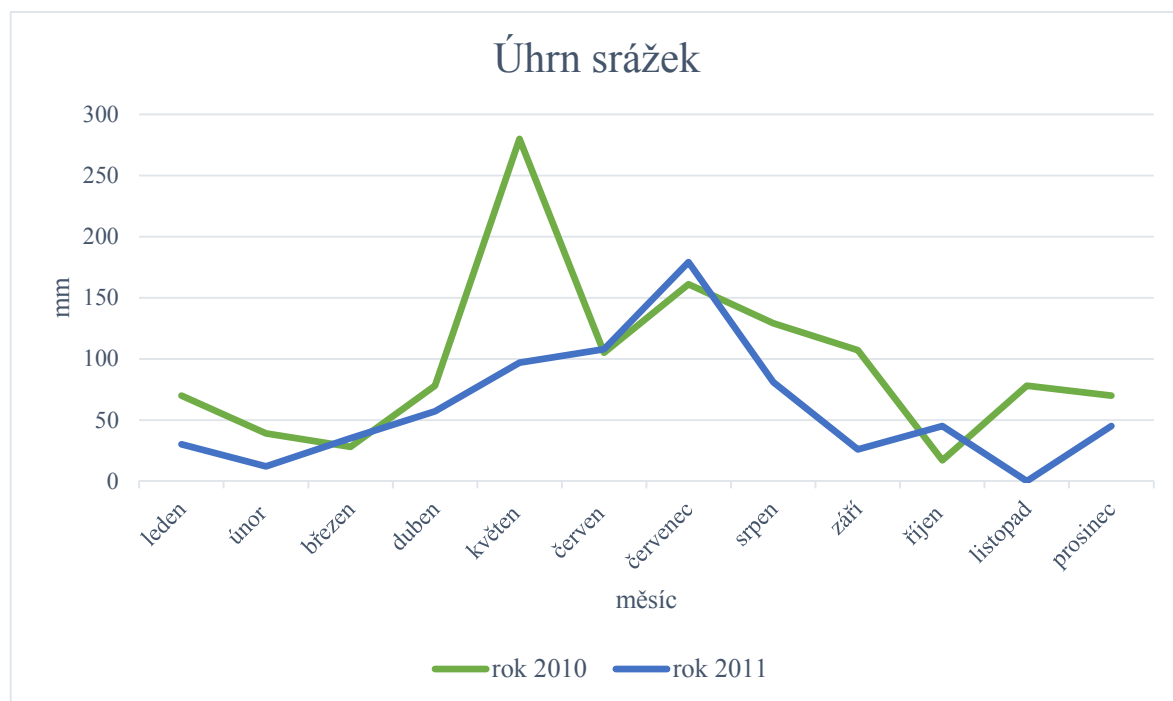
Na grafu č. 22 je zpracován úhrn srážek v mm podle dat z ČHMÚ za jednotlivé roky. Podle tohoto grafu je prioritní rok 2010, kdy spadlo podle naměřených průměrných hodnot nejvíce srážek. Opakem je rok 2011, kdy bylo naměřeno srážek nejméně.



Obrázek 22 Průměrný úhrn srážek v Moravskoslezském kraji v jednotlivých letech, v roce 2005-2014

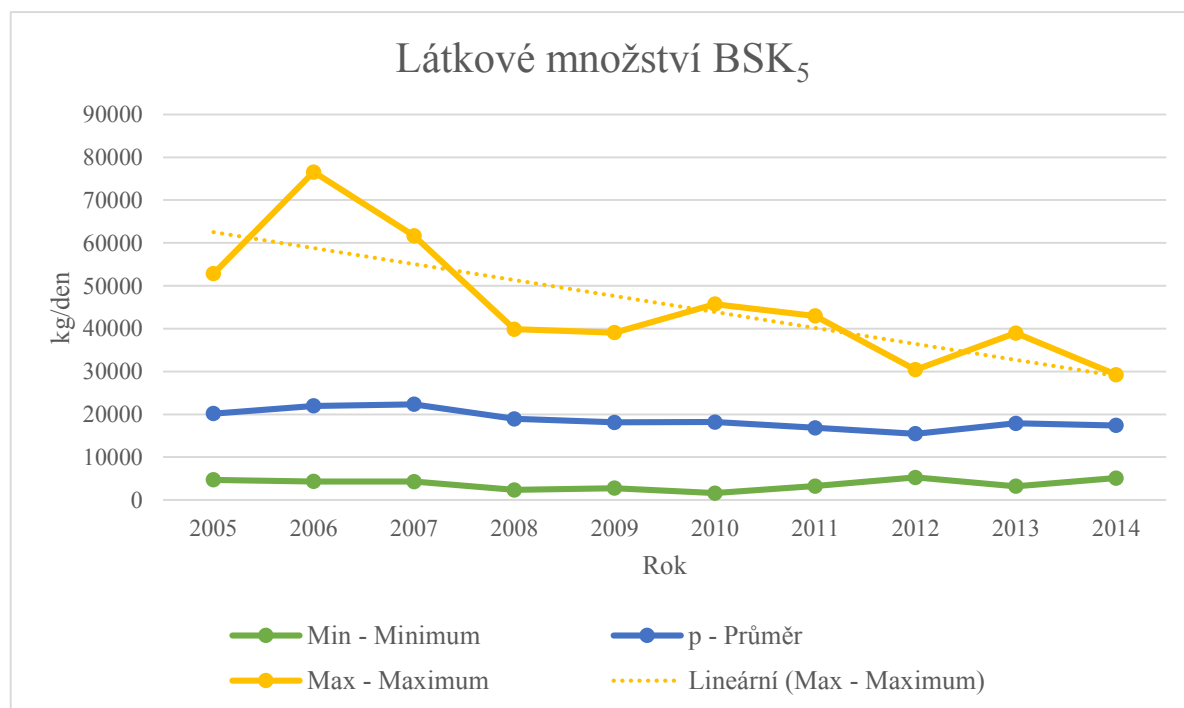
Graf č. 23 ukazuje podle tabulek na ČHMÚ územní srážky v Moravskoslezském kraji, kde leží Ústřední čistírna odpadních vod v Ostravě v roce 2010 a v roce 2011.

Na tomto grafu je patrné, že v letních měsících v roce 2010 bylo zpozorováno větší množství srážek oproti roku 2011, který sebou nesl období sucha.



Obrázek 23 Úhrn srážek podle ČHMÚ za rok 2007 a 2010

Na grafu č. 24 je pozorován výkyv BSK₅ a je porovnán s maximálními ročními a minimálními ročními hodnotami. Je zde znovu viditelně vidět, že v roce 2006 - 2007 byl výkyv vysoký, tudíž vyšší BSK₅ a v roce 2010 bylo nižší, z důvodů sucha a mokra.



Obrázek 24 Časová řada množství biologicky odbouratelných organických látek přitékajících na ÚČOV (základní statistické parametry)

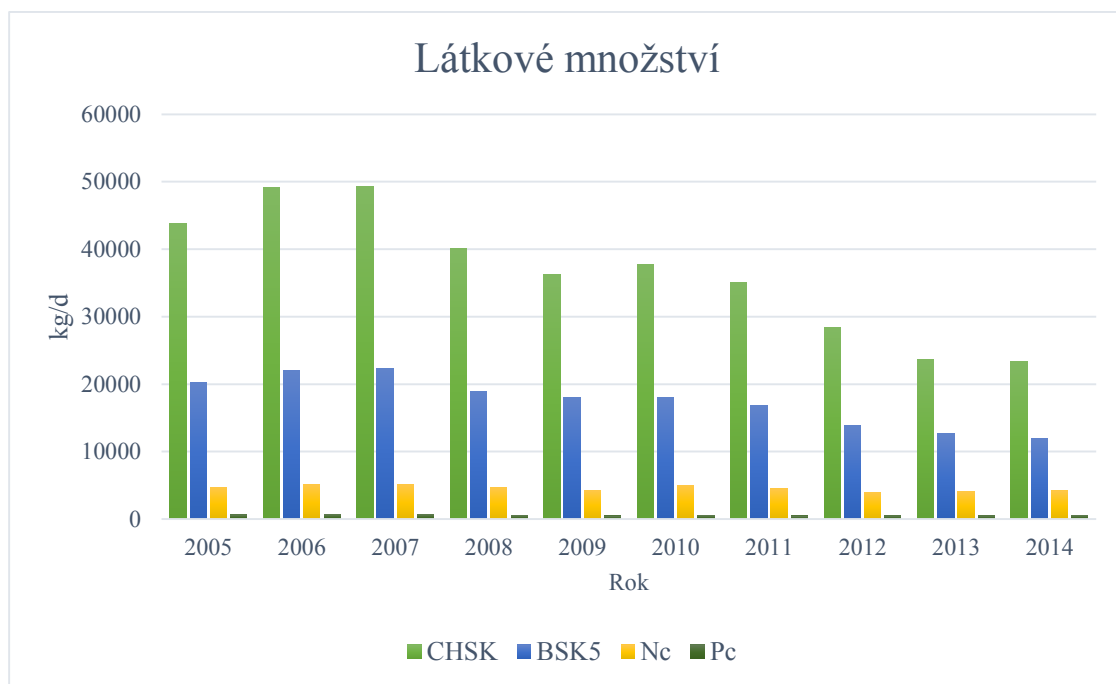
Časová proměnlivost hodnot CHSK má víceméně setrvalý průběh, kdy v roce 2007 stoupne a v roce 2010 klesne, viz obrázek 25.

Koncentrace celkového dusíku je spolu s fosforem spojena s tzv. eutrofizací, vzniká kvetení nádrží. Je to proces obohacování vod o živiny, hlavně o dusík a fosfor. Rozlišujeme dva typy eutrofizace: Přirozená - hlavním zdrojem je výplach živin z půdy a rozklad mrtvých organismů. Nepřirozená - způsobenou lidskou (antropogenní) činností. Během vyšších koncentrací dusíku dochází k množení řas a sinic. Mohlo být způsobeno vyššími teplotami vody, delší dobou zdržení vody apod. Koncentrace celkového fosforu je nízká.

Příčiny výkyvů hodnot BSK₅ a dalších sledovaných látek (CHSK, celkový dusík, celkový fosfor) v letech 2005-2014 má na svědomí suché období v roce 2007 a záplavy, které byly v dané lokalitě v roce 2010. Suché roky byly dále v roce 2015 a v roce 2016, tudíž následná tendence křivky BSK₅ bude s největší pravděpodobností stoupavá.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že látkové zatížení přitékající na ÚČOV se snižuje, což je ovlivněno kontinuální činností většiny podniků, které se rozhodujícím způsobem podílí na průmyslovém znečištění vypouštěném do kanalizace.

Jelikož víme z historických dat, že byly v roce 2010 povodně, to znamená větší průtok kanalizací, ale z následujícího grafu č. 25 se domníváme, že vyšší průtok vymyl i stokové sítě, anebo se někteří producenti zbavili odpadních vod tím, že je vypustili.



Obrázek 25 Porovnání látkového množství na přítoku

6 VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

V první části své diplomové práce charakterizuji město Ostravu a popisuji, jak můžeme odpadní vody dělit podle původu a jaký je jejich zdroj. V další kapitole se věnuji legislativě ČR a EU, která se vztahuje k problematice čištění vod. Potom následuje stručná charakteristika sledovaných parametrů na ÚČOV Ostrava. Dále následuje technologie čištění odpadních vod včetně popisu jednotlivých stupňů a zařízení. V závěru jsem vyhodnotila údaje za rok 2005-2014 a zjistila, že výkyvy hodnot BSK₅ mohla zapříčinit sucha a období dešťů v Moravskoslezském kraji. Proto jsem tyto údaje porovnávala a zhodnotila v grafech a tabulkách. ÚČOV Ostrava splňuje všechny legislativní požadavky, protože nepřesáhla žádnou normu u mnou sledovaných ukazatelů.

Biochemická spotřeba kyslíku je důležitým ukazatelem znečištění nejen odpadních vod, ale také povrchových vod. Podle něj také určíme účinnost technologického procesu čištění. Ačkoliv je stanovení velmi jednoduchou záležitostí, proces spotřeby kyslíku je ovlivněn několika faktory. Závisí na teplotě, nitrifikaci, obsahu mikroorganismů (inokula), množství rozpuštěných a nerozpuštěných látek a na všechno se musí brát zřetel.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo statisticky vyhodnotit parametr BSK₅, který přitéká do Ústřední čistírny odpadních vod od roku 2005 do roku 2014 v Ostravě.

Na základě diplomové práce bylo zjištěno:

V Ostravě podle statistických údajů z roku 2005-2014 se počet obyvatel, kteří vypouští odpadní vody do kanalizací, zmenšil o 9,28 %. Látkové množství BSK závisí na množství přitékajících odpadních vod. Pro čistírnu je typický nerovnoměrný přítok odpadních vod. Dle prokázaných výsledků se množství vody, které protéklo za období roku 2005-2014 snižuje. Průměrně byl průtok v letech 2005-2014 okolo 95 242,97 m³/den (nejvíce v roce 2010 – 110 993,53 m³/den a naopak nejméně v roce 2014 – 83 361,56 m³/den).

Čistírna odpadních vod je navržena pro 638 850 EO a na celkové zatížení BSK₅ 38 331 kg/den. Dle odborné literatury člověk vyprodukuje denně 60 g BSK. V rozmezí let 2005-2014 bylo průměrně na ústřední čistírnu odpadních vod napojeno 555 000 EO. Z výše uvedeného průměrného výsledku (let 2005-2014) vyplývá, že člověk vyprodukoval

31 g BSK. Uvažovalo se, že se hodnota BSK změní, protože lidé vyprodukují čím dál méně organického materiálu. Což potvrzují i výše uvedené výsledky (hodnota je v průměru poloviční než uvádí literatura).

Množství odpadních vod přitékajících na ÚČOV je ovlivňováno dotací srážkovými a balastními vodami. Trend látkového množství BSK₅ se postupem času zmenšuje i CHSK má klesající tendenci. Poměr BSK₅ : CHSK stoupá (od roku 2005 do roku 2014 se zvýšil o 0,20) to znamená, že se zvyšuje množství biologicky odbouratelných látek BSK₅ odpadních vod splaškových a CHSK se snižuje. Z tohoto poměru víme, že odpadní voda obsahuje snadno rozložitelné látky.

Ze statistického vyhodnocení obsahu parametrů na přítoku vyplývá, že hodnoty koeficientů korelace jsou statisticky významné a indikují, že ve sledovaném souboru z roku 2005–2014 poskytuje P_c nejvíce významných korelačních závislostí, což je ovlivněno jeho jednoznačným původem v přitékajících odpadních vodách. Byly také prokázány statisticky významné korelace mezi CHSK x BSK₅ ($r = 0,728$), CHSK x P_c ($r = 0,666$) a mezi CHSK x N_c ($r = 0,817$).

Z výsledků je patrné, že množství biologicky odbouratelných organických látek BSK₅, přitékajících na ÚČOV v rozmezí let 2005-2007 vzrostl (přibližně o 2100 kg/den), nicméně od roku 2007 – 2014 jeho hodnota postupně klesá (o 7000 kg/den). To znamená, že obyvatelé vypouštějí méně odpadních vod. CHSK v letech 2005-2007 se výrazně nemění, pohybuje se okolo 47400 kg/den. Tento jev může být způsoben vypouštěním průmyslových odpadních vod. Látkové množství CHSK začala postupně klesat od roku 2010 (během roku 2010-2014 klesl o 14000 kg/den), především v důsledku většího přítoku vody na čistírnu odpadních vod z důvodu vydatných dešťů, které způsobily povodně.

Dle porovnání výsledků z ČHMÚ, kde jsou zaznamenány územní srážky v Moravskoslezském kraji, kde leží Ústřední čistírna odpadních vod v Ostravě za období 2005-2014 s průtokem odpadních vod na ÚČOV vyplynulo, že v roce 2007 (73,75 mm) spadlo na území města Ostravy více srážek oproti jiným rokům, u kterých byl průměrný úhrn srážek 69,95 mm. Ze statistických výsledků a tabulek vyplývá, že v roce 2010 (96,83 mm) byl úhrn srážek největší. Toto zjištění souvisí s vývinem parametru BSK₅, kdy se s větším přítokem OV se na ÚČOV snižuje hodnota biochemické spotřeby

kyslíku za 5 dní. V roce 2007, kdy podle historických událostí byly na území Moravskoslezského kraje vydatné srážky a záplavy, toto naředění snižuje koncentraci BSK₅. Když dlouho neprší, hovoříme o suchých spláškách a naopak, když hodně prší, hovoříme o mokrých spláškách. Usazený kal se ve stokách v období sucha usazuje na dně, protože je zde malý průtok a voda tento kal neodnese. U mokrých splášků je rychlost vody a množství vody vyšší, tím pádem voda s sebou vezme usazeniny na dně stoky a tím ji vyčistí. Jelikož jsou tyto odpadní vody naředěny, koncentrace se tímto sníží, ale látkové množství může narůst.

SEZNAM LITERATURY

1. Stoková síť. *Aquaprocon* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: http://www.aquaprocon.cz/Data/files/Stokova_sit.pdf
2. ALMEIDA, Adelaide, Fátima CARVALHO, Maria J. IMAGINÁRIO, Ivone CASTANHEIRA, Ana R. PRAZERES a Carlos RIBEIRO. Nitrate removal in vertical flow constructed wetland planted with *Vetiveria zizanioides*: Effect of hydraulic load. *Ecological Engineering* [online]. 2017, **99**, 535-542 [cit. 2017-03-17]. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.11.069. ISSN 09258574. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857416307005>
3. BIELA, Renata. *Kvalita šedých vod a možnost jejich využití*. 2001 – 2017, [online]., [cit. 2017-16-03]. Dostupné na WWW: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
4. BRANIŠ, Martin. *Základy ekologie a ochrany životního prostředí: učebnice pro střední školy*. Vyd. 1. Praha: INFORMATORIUM, 1997, 143 s. ISBN 80-860-7303-3.
5. Česká republika. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů. In: 98/2001. 2001.
6. Česká republika. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). 2001.
7. ČHMÚ. 2017. Územní srážky [online]. [cit. 10. 04. 2017]. Dostupné z WWW: <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>>.
8. ČSN 75 6081 Žumpy, Praha: Český normalizační institut, 4/2007.
9. ČSN EN 1899-1 Jakost vod – Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) – Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přidavkem allylthiomochoviny, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1999, Třídící znak 1899-1.
10. DROZDOVÁ, J. *Formy výskytu rizikových prvků v kanalizační síti v Ostravě*. Ostrava, 2012. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornickogeologická fakulta, Institut geologického inženýrství.

11. ERIKSSON, Eva, Karina AUFFARTH, Mogens HENZE a Anna LEDIN. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* [online]. 2002, 4(1), 85-104 [cit. 2017-03-16]. DOI: 10.1016/S1462-0758(01)00064-4. ISSN 14620758. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462075801000644>
12. Evropská unie. Směrnice Rady č. 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod. In: 1991.
13. CHUDOBA, Jan, DOHÁNYOS, Michal, WANNER, Jiří. Biologické čištění odpadních vod. Praha : SNTL, 1991. 468 s. 1. ISBN 80-03-00611-2.
14. DOHÁNYOS, Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *Čištění odpadních vod*. Praha: Ediční a audiovizuální centrum VŠCHT, 1994. ISBN 80-7080-207-3.
15. GRAU, Petr. *Technologie čištění městských odpadních vod*. Praha: Státní energetická inspekce - Energetický institut, 1977.
16. HERLE, Jaromír., BAREŠ, Pavel. Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění, 1. vyd., Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990, 207 s.
17. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK, Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: čištění odpadní vod*. Brno, 2006.
18. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, c2001, vi, 251 s. ISBN 80-86020-30-4.
19. HLAVÍNEK, Petr a Dušan NOVOTNÝ. *Intenzifikace čistíren odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, iv, 235 s. ISBN 80-86020-01-0.
20. JONES, D.L., C. FREEMAN a A.R. SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ. Waste Water Treatment. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* [online]. Elsevier, 2017, s. 352 [cit. 2017-03-26]. DOI: 10.1016/B978-0-12-394807-6.00019-8. ISBN 9780123948083. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123948076000198>
21. KROY, Pavel. *POVODNĚ 2010: kvantitativní a kvalitativní přehled vybraných aspektů psychosociální pomoci* [online]. Praha, 2010 [cit. 2017-04-06].

22. KŘ/61/01. *Kanalizační řád pro kanalizaci města Ostrava*. Provozní předpis. Ostravské vodárny a kanalizace a.s., 13.3.2017, 18 s. Dostupné z: http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanalrad-5-1.pdf
23. KŘ/61/01. *Kanalizační řád pro kanalizaci města Ostrava*. Provozní předpis. Ostravské vodárny a kanalizace a.s., 14.3.2017, 71 s. Dostupné z: http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanalrad-6-1.pdf
24. KŘ/61/01. *Kanalizační řád pro kanalizaci města Ostrava*. Provozní předpis. Ostravské vodárny a kanalizace a.s., 14.3.2017, 98 s. Dostupné z: http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanalrad-11-1.pdf
25. LANGAMMER, J. *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Praha: Univerzita Karlova, 2002. Dostupné z: http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf
26. LIU, Changyu, Huijun ZHAO, Shan GAO, Jianbo JIA, Limin ZHAO, Daming YONG a Shaojun DONG. A reagent-free tubular biofilm reactor for on-line determination of biochemical oxygen demand. *Biosensors and Bioelectronics* [online]. 2013, 45, 213-218 [cit. 2016-11-26]. DOI: 10.1016/j.bios.2013.01.041. ISSN 09565663. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956566313000444>
27. LHOTÁKOVÁ, Z. *Zpětné využívání odpadních vod v domech pro bydlení 2001 – 2017*, [online]., [cit. 2017-16-03]. Dostupné na WWW: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11202-zpetne-vyuzivani-odpadnich-vod-v-domech-pro-bydleni>
28. Malý, Josef a Malá, Jitka. *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-13-4.
29. MALÝ, J.; MALÁ, J. *Chemie a technologie vody*. 2. Vydání. Brno: Ardec s.r.o., 2006. ISBN 80-86020-50-9.
30. NOORI, Roohollah, Salman SAFAVI a Seyyed Afshin NATEGHI SHAHROKNI. A reduced-order adaptive neuro-fuzzy inference system model as a software sensor for rapid estimation of five-day biochemical oxygen demand. *Journal of Hydrology* [online]. 2013, 495, 175-185 [cit. 2016-11-26]. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.04.052. ISSN 00221694. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169413003570>

31. MOULISOVÁ, JARMILA. *Vodní díla na cizích pozemcích se zaměřením na pozemky ve vlastnictví státu* [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/430841/pravf_b/Bakalarska_prace.pdf
32. PESCOD, M. B. *Wastewater Treatment and in Agriculture*. Rome: United Nations, 1992. FAO Irrigation and Drainage Paper. ISBN 9251031355.
33. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-03-00525-62.
34. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2015. 792 s. ISBN 978-80-7080-928-0.
35. PYTL, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. 2. vyd. Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR, c2012, x, 209 s. ISBN 978-80-87140-26-0.
36. ŘEZNÍČKOVÁ, Iveta, Jaromír HOFFMANN a Jan RŮŽIČKA. *Technologická cvičení z ochrany prostředí*. Vyd. 1. Zlín: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně, 2000, 91 s. ISBN 8021417099.
37. TUČEK, Ferdinand; CHUDOBA, Jan; KONÍČEK, Zdeněk a kolektiv. *Základní procesy a výpočty v technologii vody: celostátní vysokoškolská příručka pro studenty vysokých škol chemickotechnologických studijního oboru 28–05–8 technologie vody*, 2. přeprac. vyd., Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988, 633 s.
38. TÖLGYESSY, Juraj. *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. 2. nezmenené vyd. Bratislava: Veda, 1989. ISBN 80-224-0034-3.
39. Ústřední čistírna odpadních vod Ostrava: Multimediální učební texty zaměřené na problematiku zpracování kalů. *Zpracování kalů* [online]. 2017 [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://hgfl0.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/cov.html>
40. ZELINKA, M., HELAN, J. *Čistota vod a jejich ochrana*. Učební texty PřF UJEP, SPN Praha, 112 pp. 1984.
41. ŽÁRSKÝ, Daniel; PRAŽÁK, Josef; FEIKUS, Miroslav; HAJNÁ Jana. *Provoz čistíren odpadních vod: Vyhodnocení provozů ČOV Ostrava za rok 2005*. Ostrava: OVAK a.s., 2006. 84 s.

SEZNAM ZKRATEK

BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku, který spotřebují organismy na rozklad organických látek za 5 dní
ČOV	Čistírna odpadních vod
EO	Ekvivalentní obyvatel
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
EU	Evropská unie
KŘ	Kanalizační řád
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
N _c	Celkový dusík
NEK	RP - Norma environmentální kvality určené z ročního průměru
NV	Nový zákon
P _c	Celkový fosfor
Q	Denní průtok
ÚČOV	Ústřední čistírna odpadních vod
WWTP	Waste Water Treatment Plant
ŽP	Životní prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Mapa Ostravy (mapy.cz, 2017)	2
Obrázek 2 Přítok do čistírny, ÚČOV Ostrava	15
Obrázek 3 Mapa znázorňující objekt ÚČOV Ostrava (mapy.cz, 2017)	18
Obrázek 4 Hrubé předčištění	19
Obrázek 5 Usazovací nádrže	20
Obrázek 6 Aktivační nádrže	21
Obrázek 7 Dosazovací nádrže	22
Obrázek 8 Znázornění procesu (Pitter, 2015)	28
Obrázek 9 Schematické znázornění průběhu BSK v závislosti na čase, probíhá-li v pozdějším stádiu nitrifikace	30
Obrázek 10 Průběh BSK městských odpadních vod při různých teplotách, čárkovaně je naznačen průběh nitrifikace (Pitter, 1999)	31
Obrázek 11 Závislost průběhu BSK na rychlostní konstantě k , 1 – 0,1 d ⁻¹ , 2 – 0,2 d ⁻¹ , 3 – 0,3 d ⁻¹	33
Obrázek 12 Průběh BSK při různých teplotách (Herle et spol., 1990)	34
Obrázek 13 Poměr BSK ₅ : CHSK	37
Obrázek 14 Statistika z celého souboru dat: Porovnání průměrných koncentrací na přítoku do ÚČOV	38
Obrázek 15 Průměrná množství biologicky odbouratelných látek za den BSK ₅	39
Obrázek 16 Podrobný graf BSK ₅ za měsíce leden-červen v letech 2005-2014	40
Obrázek 17 Podrobný graf BSK ₅ za měsíce červenec-prosinec v letech 2005-2014	40
Obrázek 18 Průměrné měsíční hodnoty látkového množství BSK ₅ za rok 2007 a 2010	41
Obrázek 19 Schéma zachycující záplavy v květnu roku 2010 (Kroy, 2010)	41
Obrázek 20 Průměrný průtok odpadních vod do ÚČOV 2005-2014	42
Obrázek 21 Průměrný průtok na ÚČOV za rok 2010 a 2007	43
Obrázek 22 Průměrný úhrn srážek v Moravskoslezském kraji v jednotlivých letech, v roce 2005-2014	44
Obrázek 23 Úhrn srážek podle ČHMÚ za rok 2007 a 2010	45
Obrázek 24 Časová řada množství biologicky odbouratelných organických látek přitékajících na ÚČOV (základní statistické parametry)	45
Obrázek 25 Porovnání látkového množství na přítoku	47

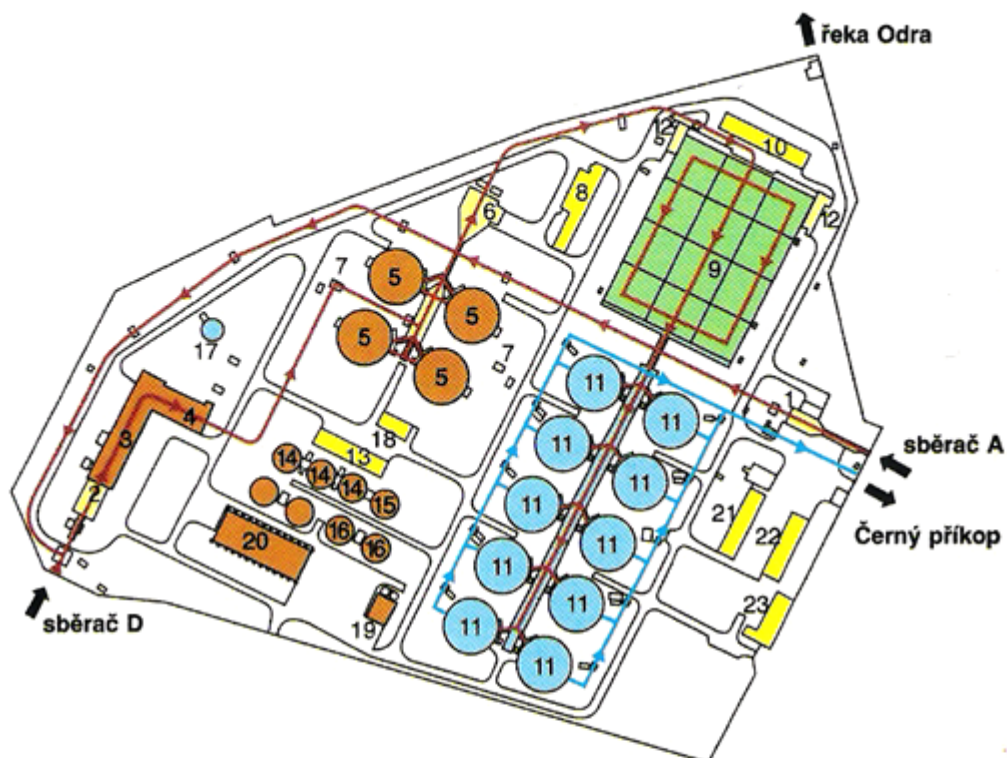
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Charakter znečišťujících látek v odpadních vodách (Chudoba et spol., 1991)	5
Tabulka 2 Složení městských vod (Hlavínek et al., 2001)	7
Tabulka 3 Průměrná produkce znečištění od 1 obyvatele/den (Pitter, 2015)	7
Tabulka 4 Množství plovoucích látek v šedých vodách (Biela, 2011)	9
Tabulka 5 Hodnoty BSK ₅ a CHSK v šedých vodách (Biela, 2011)	9
Tabulka 6 Výčet parametrů znečištění OV vypouštěných z ČOV (Předpis č. 401/2015)...	13
Tabulka 7 Projektované parametry ÚČOV Ostrava	18
Tabulka 8 Znečištění v roce 2007(Pitter, 2015)	27
Tabulka 9 Porovnání obou vyhlášek limitů jakosti povrchových vod pro BSK ₅	30
Tabulka 10 Mezní hodnoty tříd jakosti dle normy ČSN 75 7221 pro BSK ₅ (v mg/l)	30
Tabulka 11 Statistika celého souboru dat na přítoku, rok 2005-2014	36
Tabulka 12 Korelační analýza všech dat koncentrací na přítoku	37
Tabulka 13 Roční průměrné hodnoty koncentrací	38
Tabulka 14 Územní srážky v roce 2010 (portal.chmi.cz,2010).....	43
Tabulka 15 Územní srážky v roce 2007 (portal.chmi.cz,2010).....	44

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Schéma ÚČOV Ostrava.....	58
------------------------------------	----

1 PŘÍLOHA Schéma ÚČOV Ostrava



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. ČS odpadních vod na sběrači A | 13. Budova kalového hospodářství |
| 2. Vstupní šneková ČS na sběrači D | 14. Vyhňivací nádrže |
| 3. Jemné česle s přívodním žlabem | 15. Ukladňovací nádrž kalu |
| 4. Provdzušňované lapáky písku | 16. Zahušťovací nádrže vyhnílého kalu |
| 5. Usazovací nádrže | 17. Plynojem |
| 6. ČS mechanicky předčištěných vod | 18. Energetické využití kalového plynu |
| 7. ČS surového kalu | 19. Odvodňovací stanice kalu |
| 8. Trafostanice | 20. Krytá skládka odvodněného kalu |
| 9. Aktivační nádrže | 21. Garáže |
| 10. Dmýchárna | 22. Sklad a dílny |
| 11. Dosazovací nádrže | 23. Provozní budova |
| 12. ČS vráceného kalu | |